



Duurzame energie projectgebied Grebbeidijk

Achtergrondrapport



Committed to the Environment

Duurzame energie projectgebied Grebbedijk

Achtergrondrapport

Dit rapport is geschreven door:

Thijs Scholten, Katja Kruit, Stefanie van de Water, Isabel Nieuwenhuijse en Lonneke Wielders
Met medewerking van Ronald Roosjen (Deltares) voor het onderdeel TEO

Middelste foto kapt: Henk Monster

Delft, CE Delft, maart 2019

Publicatienummer: 19.180059.050a

Energievoorziening / Regionaal / Duurzaam / Zonne-energie / Windenergie / Oppervlaktewater /
Thermische energie

Opdrachtgever: Waterschap Vallei en Veluwe en Gemeente Wageningen
Uw kenmerk: EXPL032300

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Thijs Scholten](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding en achtergrond	7
	1.2 Doel van het project	7
	1.3 Afbakening	7
	1.4 Leeswijzer	8
2	Gebiedskenmerken en de kansrijke alternatieven	9
	2.1 De Grebbedijk en kenmerken van het gebied	9
	2.2 De kansrijke alternatieven	10
	2.3 Capaciteit elektriciteitsnet	13
3	Zonne-energie	15
	3.1 Wettelijke kaders en beleid	15
	3.2 Potentie	23
	3.3 Innovatieve opties	28
	3.4 Effectiviteit en no-regret-maatregelen	29
	3.5 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief	31
4	Windenergie	32
	4.1 Wettelijke kaders en beleid	32
	4.2 Potentie	39
	4.3 Innovatieve opties	50
	4.4 Effectiviteit en no-regret-maatregelen	51
	4.5 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief	53
5	TEO	54
	5.1 Techniek- en systeembeschrijving TEO	54
	5.2 Potentiële winningslocaties en afzetgebied	55
	5.3 Wettelijke kaders en beleid	56
	5.4 Potentie	57
	5.5 Effectiviteit en no-regret-maatregelen	62
	5.6 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief	63
6	Overzicht no-regret-maatregelen	64
7	Energieneutrale Rijnhaven	65
	7.1 Inleiding	65
	7.2 Energiegebruik	66
	7.3 Hernieuwbare energie	67
	7.4 TEO	68
	7.5 Resultaten analyse energieneutrale Rijnhaven	69



	7.6 Conclusie	71
	Referenties	72
A	Wet natuurbeheer	76
	A.1 Wet natuurbeheer	76
	A.2 Beschermde diersoorten in projectgebied	77
	A.3 Effecten op natuur van windpark in natuur bij de Grebbedijk	78
	A.4 Ontheffing op verbod op verstoring beschermde vogels	79
B	Uitsluitingsgebieden windenergie	80
C	Zonnepanelen op plassen	81
	C.1 Inleiding	81
	C.2 Belangrijke aspecten van de businesscase	81
	C.3 Plassen met een geschikte omvang	81
D	MS-netkaarten (vertrouwelijk)	83

Samenvatting

De Grebbedijk tussen Wageningen en Rhenen moet worden versterkt om in de toekomst het achterland voldoende te beschermen tegen hoogwater in de Nederrijn. In de gebiedsontwikkeling rondom het dijkversterkingsproject zijn drie kansrijke alternatieven voor dijkversterking uitgewerkt: (1) een smalle Grebbedijk, (2) een brede Grebbedijk en (3) een integrale Grebbedijk. In dit rapport is voor elk alternatief het (technisch) potentieel voor zonne-energie, windenergie en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) onderzocht en in kaart gebracht. Daarnaast zijn de no-regret-maatregelen geïdentificeerd: wat kan je nu al eenvoudig opnemen in het dijkontwerp waardoor zonne-energie, windenergie of TEO op termijn realiseerbaar worden. Tot slot zijn de mogelijkheden voor een energieneutrale Rijnhaven bestudeerd. De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in Tabel 1 op Pagina 6.

Voor **zonne-energie** liggen er in het projectgebied kansen voor (binnendijkse) zonnevelden. De mogelijkheden hiervoor verschillen nauwelijks tussen de kansrijke alternatieven. Er zijn ook kansen voor een innovatieve solar road op de dijk, voornamelijk in Kansrijk Alternatief 2 en 3, waar fietspaden op de steunberm worden gerealiseerd. De oriëntatie van de Grebbedijk is niet gunstig voor het plaatsen van zonnepanelen op de dijk zelf. Zonnepanelen in het buitendijkse gebied (op plassen) zijn alleen mogelijk als uit nader ecologisch onderzoek blijkt, dat er geen nadelige effecten zijn voor de habitats en soorten die door Natura 2000-regelgeving beschermd worden.

De kansen voor **windenergie** hangen af van de grootte van de windturbine waarvoor wordt gekozen. Grotere windturbines produceren meer elektriciteit, maar hiervoor zijn er minder kansrijke locaties. In alle drie de kansrijke alternatieven is er plaats voor maximaal één zeer grote windturbine van 5,6 MW of 2-4 grote turbines van 3 MW. Voor middelgrote turbines (0,25 MW) is de geschikte ruimte verschillend per kansrijk alternatief, al zijn de verschillen klein. In Kansrijk Alternatief 1 is de meeste ruimte beschikbaar is, in Kansrijk Alternatief 2 de minste. Op sommige locaties is de realisatie nog onzeker vanwege natuur en cultuurhistorische beperkingen. Voor locaties in Natura 2000-gebied moet nader ecologisch onderzoek uitwijzen of een windturbine haalbaar is. Aandachtspunt hier is onder andere de mogelijke verstoring van de kwartelkoning. Er zijn op dit moment namelijk plannen om in de Driehoek aantrekkelijke natuur voor broedplaatsen voor de kwartelkoning te realiseren.

Bij **thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)** wordt warmte of koude uit rivieren of plassen onttrokken. Deze thermische energie kan gebruikt worden voor koeling of verwarming van gebouwen. Het is in alle kansrijke alternatieven mogelijk om lagetemperatuurwarmte te winnen in de Nederrijn en dit in te zetten voor de ruimteverwarming van gebouwen nabij de haven.

Er zijn enkele **no-regret-maatregelen** geïdentificeerd waar tijdens het proces van de dijkversterking rekening mee kan worden gehouden. Zo kan er onderzocht worden of er op een efficiënte manier geanticipeerd kan worden op mogelijke toekomstige elektriciteitsnetverzwaring of -uitbereiding op of om de dijk. Voor windturbines is het van belang om oog te hebben voor ruimtelijk ontwikkelingen die de kansen voor windenergie beperken, zoals de locatie voor de waterplas in de Driehoek en de natuur/habitatontwikkeling in datzelfde gebied. Voor TEO is het van belang dat er rekening wordt gehouden met toekomstige leidingen door de dijk, bijvoorbeeld door nu al een 'loze leiding' de dijk te laten doorkruisen. Ook moet er rekening worden gehouden met de ruimtelijk inpassing van installaties en potentiële leidingtracés.

Tot slot de **energieneutrale Rijnhaven**. Voor een energieneutrale Rijnhaven wordt binnen het havengebied evenveel hernieuwbare energie geproduceerd, als dat er energie wordt verbruikt, ongeacht het type energiedrager. Dit kan worden bereikt mits er één zeer grote windturbine (5,6 MW) in het havengebied gerealiseerd wordt of mogelijk ook als één grote windturbine (3 MW) gecombineerd wordt met de volledige benutting van het restwarmtepotentieel bij AgruniekRijnvallei. Dit laatste scenario biedt slechts een kleine marge, waardoor een energieneutrale haven niet bereikt kan worden als de energieproductie van de windturbine in de praktijk lager uitvalt dan de theoretische waarde of het energiegebruik in de haven toeneemt. De windturbines moeten dan echter wel in alle gevallen in het Natura 2000-gebied van de Driehoek gerealiseerd worden.



Tabel 1 - Samenvattend overzicht van de onderzochte opties per kansrijk alternatief

Optie	Aspect	Alternatief Smalle Grebbedijk (KA1)	Alternatief Brede Grebbedijk (KA2)	Alternatief Integrale Grebbedijk (KA3)
Zonne-panels	Potentieel zonneweiden	Kans voor 59 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 131 MW.	Kans voor 58 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 125 MW.	Kans voor 59 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 130 MW.
		Alleen binnendijkse potentie. De buitendijkse kant is onwenselijk in verband met kans op stijgend water en natuurgebied. Onderlinge verschillen zijn klein.		
	Potentieel zon-PV op water	Weinig kansrijk vanwege Natura 2000-regelgeving en foerageergebied van beschermde diersoorten.		
	Potentieel zon-PV op dijk	Op de dijkwand alleen wenselijk aan de binnendijkse kant, maar dit is het noorden, wat het onrendabel maakt. De buitendijkse kant is onwenselijk in verband met kans op stijgend water.		
	Innovatie		Een getrappt profiel van de dijk maakt gescheiden infrastructuur mogelijk, er ligt een kans voor een solar road. Bijvoorbeeld in het fietspad (circa 750 MWh/jaar productie mogelijk).	Een getrappt profiel van de dijk maakt gescheiden infrastructuur mogelijk, er ligt een kans voor een solar road. Bijvoorbeeld in het fietspad (circa 165 MWh/jaar productie mogelijk).
	No-regret-maatregel	In principe geen.		
Wind-turbines	Potentieel zeer grote turbines (5,6 MW, 206 m tiphoogte)	Potentieel voor maximaal één windturbine van 5,6 MW in de Driehoek bij de haven. Dit is in Natura 2000-ontwikkelingsgebied en vergt nader onderzoek. Een windturbine gaat potentieel niet goed samen met de ontwikkeling van leefgebied voor de kwartelkoning in dezelfde Driehoek, aangezien uit literatuur blijkt dat de kwartelkoning mogelijk tot 300 à 500 meter afstand van een windturbine wordt verstoord.		
	Potentieel grote turbines (3 MW, 149,5 m tiphoogte)	Potentieel twee tot vier grote windturbines, met een totaal vermogen van 6,1 tot 12,2 MW. Voor twee turbines, één in gebied met cultuurhistorische beperkingen en één in Natura 2000-ontwikkelingsgebied (Driehoek), moet nader onderzoek voor de specifieke locatie worden gedaan. Zie ook opmerking over de kwartelkoning bij zeer grote windturbines.		
	Potentieel middelgrote turbines (0,25 MW, 54 m tiphoogte)	Meeste ruimte beschikbaar. Ook kansen bij de haven.	Minste ruimte beschikbaar, al is het verschil klein. Ook kansen bij de haven.	Veel ruimte beschikbaar, klein verschil met andere alternatieven. Ook kansen bij de haven.
	Innovatie	Windpalen, windbomen of verticale windturbines zijn innovatieve varianten. De energieproductie van deze opties is zeer gering en in de regel duur.		
	No-regret-maatregel	Enkele aandachtspunten: ontwikkeling van de waterplas, natuur/habitats, verplaatsen van bedrijven of woningen kan gevolgen hebben voor de kansen voor windturbines in de toekomst.		
TEO	Potentieel TEO	Geschikt voor elke kansrijk alternatief. Het winningspotentieel is 2 miljoen GJ/km rivierlengte/jaar. Het afzetpotentieel voor één buurt in de omgeving van de haven ligt tussen de 19.000 en 114.000 GJ/jaar.		
	No-regret-maatregel	<ul style="list-style-type: none"> – reserveren van ruimte voor warmtewisselaar (aan het water); – reserveren van ruimte voor twee leidingen en doorkruising door de dijk (diameter circa 0,2 - 0,5 m diameter per leiding); mogelijk het aanleggen van een ‘loze leiding’; – reserveren van ruimte voor WKO en collectieve warmtepomp (dichtbij afnemers). 		
Algemeen	No-regret-maatregel	Onderzoeken of het mogelijk is om op een efficiënte manier te anticiperen op mogelijke toekomstige netverzorging of -uitbereiding op of om de dijk.		

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Het projectteam Grebbedijk werkt aan het dijkversterkingsproject Grebbedijk. Alle partijen binnen de werkgroep (overheden en (semi)publieke organisaties met een belang in de regio) ambiëren een duurzame toekomst en zien kansen en synergie voor de productie van duurzame energie bij de Grebbedijk. Gemeenten en provincies krijgen vanuit het Klimaat-akkoord hoge doelstellingen voor de productie van hernieuwbare energie bovenop het potentieel voor zonne-energie op daken. Dit vraagt dus om breder te kijken naar de mogelijkheden voor hernieuwbare energieopties in andere gebieden, zoals op/rondom de Grebbedijk. De werkgroep Duurzaamheid Grebbedijk heeft zonne-energie (zon), wind-energie (wind) en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) als meest kansrijke opties geïdentificeerd.

In dit verkennend onderzoek worden de mogelijkheden voor deze drie duurzame energievormen verder geconcretiseerd binnen de drie kansrijke alternatieven die voor de dijkversterking worden uitgewerkt.

1.2 Doel van het project

Het doel van deze opdracht is:

1. Potentie voor zon, wind en TEO in het projectgebied (zie Figuur 1) in kaart brengen.
Waarbij:
 - a Rekening gehouden wordt met de drie kansrijke alternatieven voor de dijkversteving.
 - b De focus ligt op de ruimtelijke potentie, de wettelijke kaders, de effectiviteit voor de businesscase, de innovatiekansen en de ruimtelijke kwaliteit.
2. Inzichtelijk te maken wat er nodig is om het Rijnhavengebied (zie Figuur 1) energieneutraal (of zelfs energiepositief) te maken.
3. No-regret-maatregelen voor (toekomstige) duurzame energieproductie te identificeren die tijdens de realisatiefase van de dijkversterking kunnen worden genomen.

1.3 Afbakening

De gebiedsafbakening voor de analyses in dit rapport is het plangebied van de Grebbedijk, zoals gegeven in Figuur 1. Dit gebied ligt deels grotendeels in de gemeente Wageningen (provincie Gelderland), maar ook in gemeente Rhenen (provincie Utrecht). Voor het onderzoek naar de ‘Energie neutrale Rijnhaven’ is het in Figuur 1 blauw omlinjende gebied bekeken.

In dit onderzoek zijn de geschikte opties en gebieden voor zonne- en windenergie in kaart gebracht, zonder hierbij een keuze te maken voor een specifieke locatie. Bij zonne-energie gaat het hier om zon-PV op de dijk, in het weidegebied (met name binnendijks) en op plassen (buitendijks). Zonnepanelen op daken zijn alleen voor de Rijnhaven onderzocht in het kader van de ‘Energie neutrale Rijnhaven’. Eventueel aangegeven locaties zijn illustratief om het theoretisch potentieel in kaart te brengen. De voornaamste reden is de gevoeligheid bij stakeholders, daarnaast vraagt dit om te veel details die binnen de looptijd van het project niet haalbaar zijn. Dit onderzoek geeft een eerste indicatie van de kansen.

Figuur 1 - Het projectgebied (rood omlijnd), het havengebied (blauw omlijnd) en de Grebbedijk (groene lijn)



Bron achtergrondkaart: (Lievence, Fugro, Flux, 2018).

1.4 Leeswijzer

In dit rapport besteden we per hoofdstuk aandacht aan één van de drie technieken zonne-energie (Hoofdstuk 3), windenergie (Hoofdstuk 4) en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO, Hoofdstuk 5). Hierna volgt een hoofdstuk waarin we de no-regret-maatregelen uit de voorgaande hoofdstukken bespreken (Hoofdstuk 6). In het laatste hoofdstuk besteden we aandacht aan de opgave en kansen voor een energieneutrale Rijnhaven (Hoofdstuk 7). Nu volgt eerst een hoofdstuk waar we het plangebied en de kansrijke alternatieven voor versterking van de Grebbedijk kort bespreken.

2 Gebiedskenmerken en de kansrijke alternatieven

Voor we verder ingaan op de potentiebepaling van zon, wind en TEO geven in dit hoofdstuk eerst een korte beschrijving van het gebied, de drie alternatieven en de capaciteit van het elektriciteitsnet in het projectgebied.

2.1 De Grebbedijk en kenmerken van het gebied

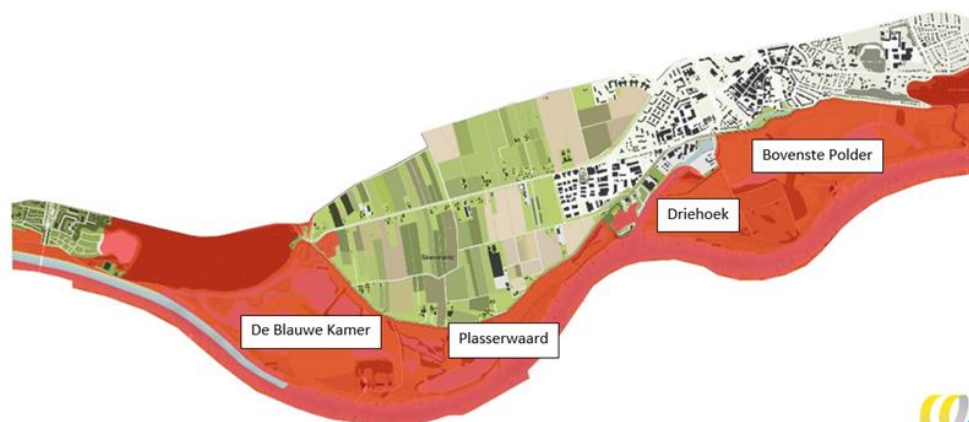
De Grebbedijk is een primaire dijk tussen Wageningen en Rhenen met een lengte van circa 5,5 kilometer. De Grebbedijk biedt bescherming tegen hoogwater in de Nederrijn. In 2017 is geconstateerd dat de Grebbedijk niet meer voldoet aan de geldende veiligheidsnorm, daarom wordt in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) de Grebbedijk versterkt.

Binnendijks bestaat het gebied rondom de Grebbedijk merendeels uit landbouwgebied en bebouwing van de gemeente Wageningen, buitendijks ligt de Rijnhaven en de uiterwaarden. De uiterwaarden maken deel uit van het Natura 2000-gebied 'Rijntakken'. Dit vogelrijke gebied bestaat uit vier deelgebieden: de Blauwe Kamer, de Plasserwaard, de Driehoek en de Bovenste Polder, zie Figuur 2. Het gehele Natura 2000-gebied is aangewezen als Vogelrichtlijngebied. Een gedeelte is ook aangewezen als Habitatrichtlijngebied. De Blauwe Kamer is vrijwel geheel aangewezen als Habitatrichtlijngebied (Ecogroen, 2018). De Habitat- en Vogelrichtlijn zijn instrumenten van de EU om soorten (ook planten) die natuurlijk in het wild voorkomen in stand te houden of op stand te brengen. Dit wordt in de praktijk gebracht door beschermde leefgebieden aan te wijzen in EU-landen: het Natura 2000-netwerk.

Figuur 2 - Kaart met naamgeving deelgebieden bij Wageningen in Natura 2000-gebied Rijntakken

Legenda

 EHS incl. Natura 2000 gebied



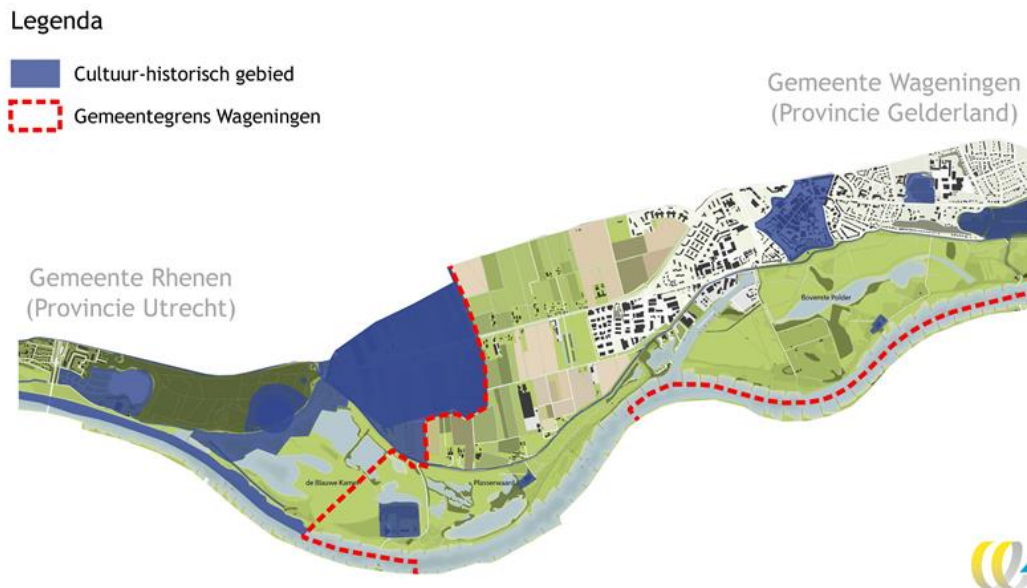
Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

Ook zijn binnen het projectgebied verschillende gebieden aangemerkt als gebieden met cultuurhistorische waarden (cultureel erfgoed), zie Figuur 3. Met name van belang voor dit onderzoek is het grote blauwe binnendijkse gebied op Rhenens grondgebied. Dit gebied is onderdeel van de Gelderse Vallei en bestaat eigenlijk uit twee gebieden de gekenmerkt worden als (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019):

1. Grebbelinie: verdedigingswerk, inundatiegebied.
2. De Nude: regelmatige strokenpercelering.

Bij ontwikkelingen in deze gebieden moet nader bekeken worden of dit in conflict is met de waarde van het cultuurhistorische gebied of hoe deze het best ingepast kunnen worden¹.

Figuur 3 - Gebieden gemarkeerd als cultureel erfgoed



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

2.2 De kansrijke alternatieven

In het voorgaande traject van de dijkversterking is gekomen tot drie kansrijke alternatieven. Deze kansrijke alternatieven worden hierna kort beschreven (verdere details zijn te vinden in een publicatie van Lievense, Fugro en Flux (Lievense, Fugro, Flux, 2018). Voor deze drie alternatieven brengen we in dit rapport de potentie van zon, wind en TEO in kaart. De uiteindelijk optie hoeft niet identiek te zijn aan één van deze alternatieven, maar kan een combinatie zijn voor wat betreft natuur- en recreatieontwikkeling.

2.2.1 Kansrijk alternatief 'smalle Grebbedijk' (Alternatief 1)

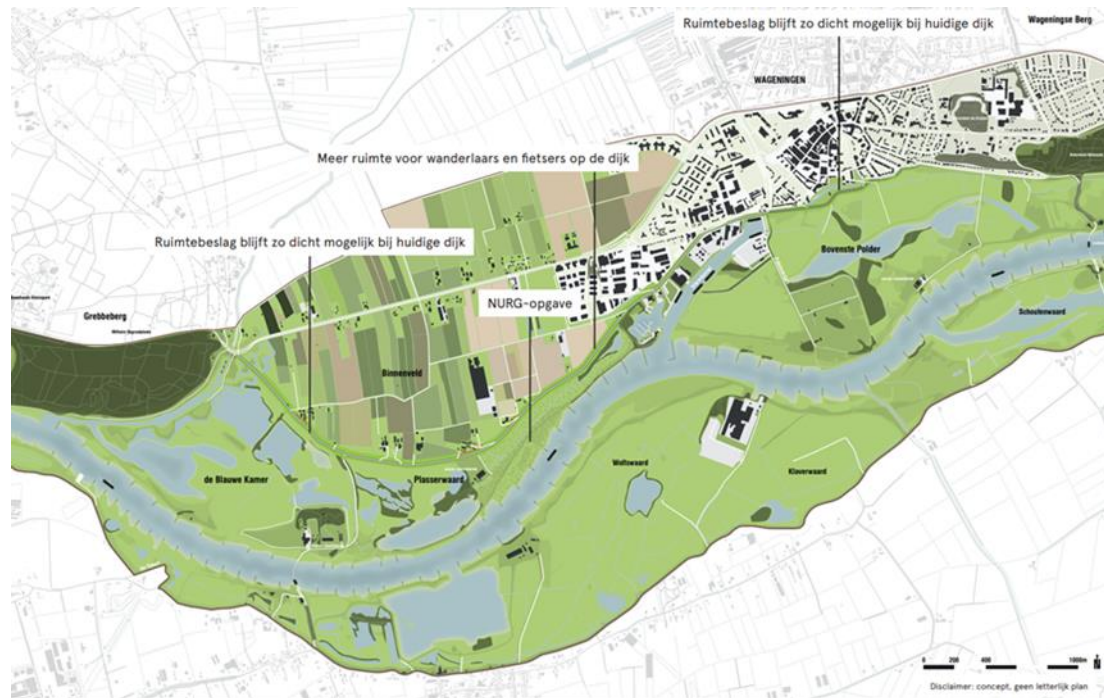
In dit alternatief wordt de Grebbedijk verhoogd en zo compact mogelijk gehouden: 'de dijk is zo compact mogelijk en sluit zo goed mogelijk aan bij het huidige landschap'. In Figuur 4 zijn de kenmerken van dit kansrijk alternatief aangegeven.

¹ Verschillende documenten en handreikingen hiervoor zijn beschikbaar op: <https://erfgoedenruimte.nl/energie> (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019).

De belangrijkste kenmerken van Alternatief 1:

- compacte verstevigingsmethodes, waardoor de dijk smal blijft en meest op huidige situatie lijkt;
- relatief stijl en hoog;
- gebiedsambities richten zich vooral op huidige dijk, door bijvoorbeeld nieuwe bekleding of meer ruimte voor fietsers en wandelaars op de dijk.

Figuur 4 - Verbeelding kansrijk alternatief 'smalle Grebbedijk'



Bron: (Lieveense, Fugro, Flux, 2018).

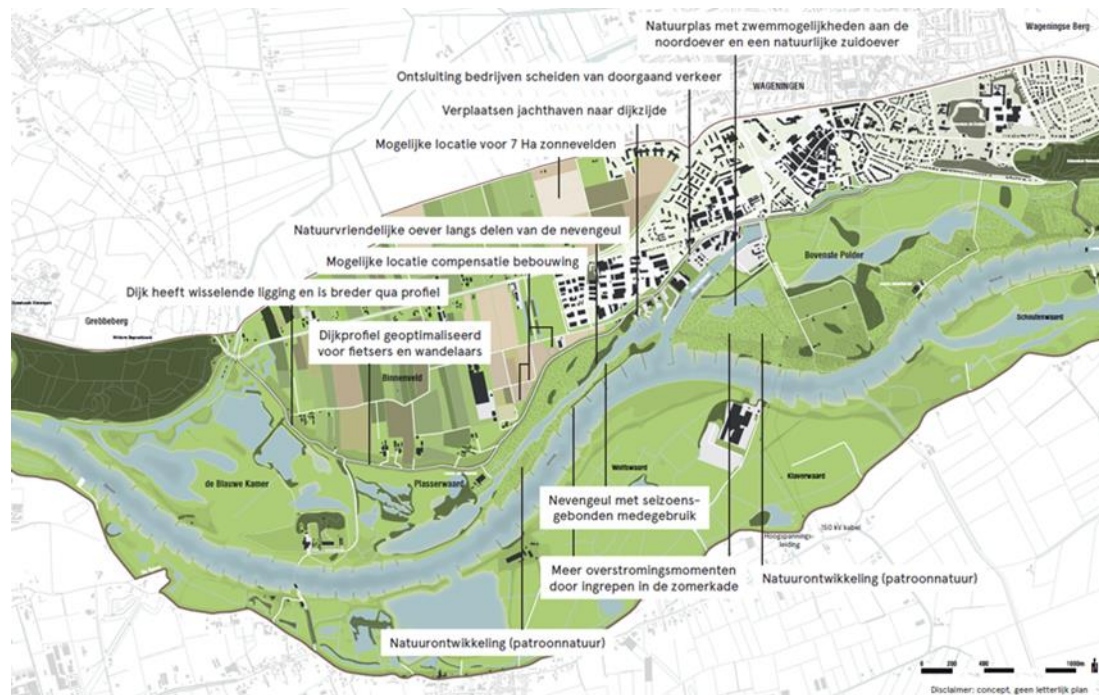
2.2.2 Kansrijk alternatief 'brede Grebbedijk'

Deze dijk heeft een breed profiel waarbij de ligging wordt aangepast aan het aangrenzende landschap, en medegebruik op de dijk en aangrenzende gebiedsambities worden gefaciliteerd. In Figuur 5 zijn de kenmerken van dit alternatief aangegeven.

Belangrijkste kenmerken van Alternatief 2:

- In de grond verstevigd; verlegd en verbreed.
- Ruimteclaim dijk is relatief groot, dit biedt mogelijkheid tot uitwisseling met landgebruiken op en rondom de dijk. Een getrapt profiel is mogelijk en biedt de optie om infrastructuur te scheiden.
- Extra buitendijkse natuurontwikkeling, waardoor ook meer ruimte voor recreatiegebied binnen Natura 2000-gebied ter hoogte van Plasserwaard.
- Herinrichting van de jachthaven.
- Verlagen zomerkade leidt tot meer rivier.

Figuur 5 - Verbeelding kansrijk alternatief 'brede Grebbedijk'



Bron: (Lievence, Fugro, Flux, 2018).

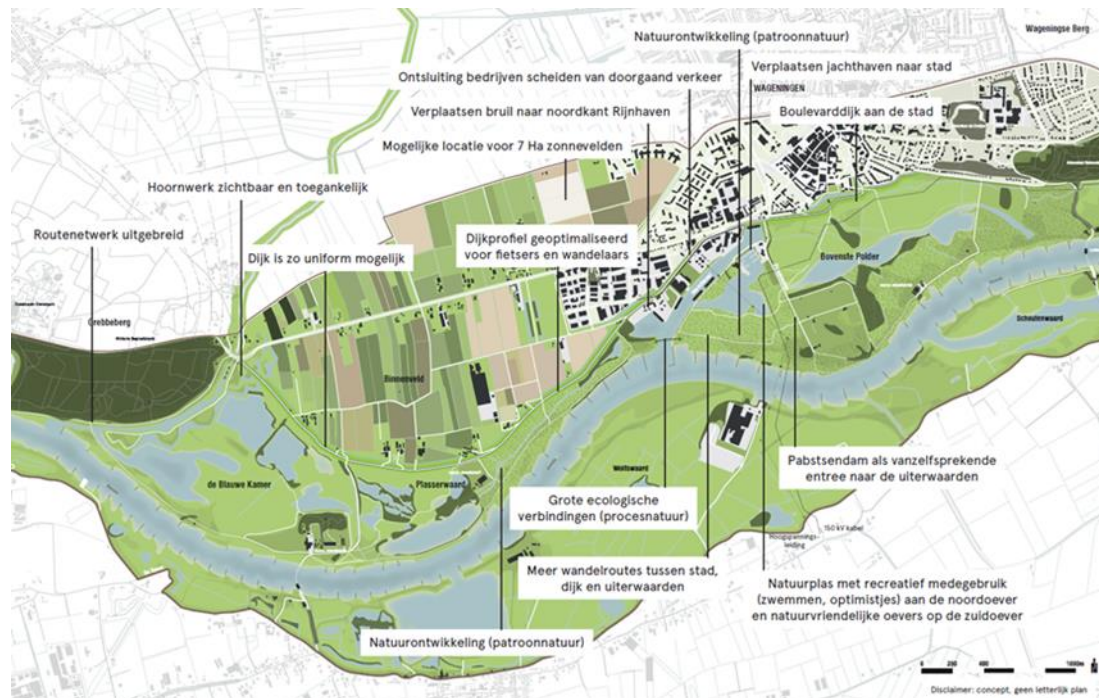
2.2.3 Kansrijk alternatief 'integrale Grebbedijk'

Deze dijk anticipeert op de aangrenzende gebiedsambities en zorgt hierbij voor een hoge verblijfskwaliteit op de dijk. Het verschil tussen stedelijk en landelijk gebied wordt geaccentueerd. In Figuur 6 zijn de kenmerken van dit alternatief aangegeven.

Belangrijkste kenmerken van Alternatief 3:

- kruin op dezelfde plek als in huidige dijk, veel drainage;
- voor natuurlijk en stedelijk gebied dezelfde verstevigingstechniek om eenheid te creëren;
- het ontwerp springt in op al bestaande gebiedsambities: optimalisering stedelijk/landelijk gebied;
- nieuwe waterplas voor watersport;
- natuurontwikkeling bij Plasserwaard en zuidzijde nieuwe plas;
- jachthaven verplaatst naar stad, dit leidt tot meer jachthaven/stadinteractie en het oude jachthavengebied kan worden gebruikt voor een ecologische verbinding tussen Grebbeberg en Wageningse Berg;
- bredere dijk biedt meer ruimte voor fietsers en wandelaars.

Figuur 6 - Verbeelding kansrijk alternatief 'integrale Grebbedijk'



Bron: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

2.3 Capaciteit elektriciteitsnet

Het elektriciteitsnet in het projectgebied wordt in Rhenen beheerd door Stedin en in Wageningen door Liander. Grootverbruikersaansluitingen met een capaciteit tot 2 MVA² worden aangesloten op het middenspanningsnet, grotere aansluitingen worden direct aangesloten op een onderstation. In het netgebied van Stedin (Rhenen) is het dichtstbijzijnde onderstation in Veenendaal (Wageningse laan) op circa 8 kilometer afstand van het projectgebied. In het netgebied van Liander (Wageningen) is dat onderstation Wageningen (Nude) op circa 2 kilometer van het projectgebied. Uiteraard verschilt de exacte afstand tot het onderstation per locatie. Een kaartje van het middenspanningsnet van Liander en Stedin in het projectgebied is opgenomen in Bijlage C.

De netbeheerder is tot 10 MVA verplicht om de netaansluiting te realiseren, maar rekent kosten voor de meerlengte boven de 25 meter tussen het dichtstbijzijnde aansluitpunt en de locatie van de aansluiting. Voor de businesscase van een zonnepark of windturbine is het hierdoor relevant dat de aansluiting van de installatie zo dicht mogelijk bij het middenspanningsnet of het onderstation (> 2 MVA) wordt gerealiseerd.

Aanvullend is in het kader van dit project contact geweest met beide netbeheerders om te inventariseren wat in het gebied de capaciteitsruimte van het elektriciteitsnet is om groot-schalige productie-installaties aan te sluiten. Beide netbeheerders geven aan dat in het gehele projectgebied grootschalige productie-installaties niet zondermeer aangesloten kunnen worden. Voor productie-installaties groter dan 2 MVA is er bij Liander wel capaciteitsruimte bij het dichtstbijzijnde onderstation, maar zijn er geen beschikbare velden om op aan te sluiten.

² Voor zonnestroomsystemen komt 1 MVA overeen met 1 MW.

Dit valt op te lossen, maar een aansluiting kan 1 à 2 jaar (of langer) op zich laten wachten. Stedin geeft eenzelfde tijdsindicatie, daar biedt het dichtstbijzijnde onderstation te weinig aansluitcapaciteit. Bovendien bevindt het projectgebied zich in de haarvaten van het middenspanningsnet, zodat ook de kabels beperkt in capaciteit zijn. Teruglevering via de huidige infrastructuur is in de regel mogelijk tot 1 MVA. Eventuele netverzwaringen of -investeringen die nodig zijn voor het aansluitingen van productie-installaties voor duurzame energie komen voor rekening van de netbeheerder, althans tot en met 10 MVA (het gereguleerde domein). Omdat het netbeheer een publieke taak is, worden de kosten hiervoor door de maatschappij gedragen. Vanuit het oogpunt van maatschappelijke kosten is het daarom aantrekkelijk om binnen de huidige capaciteitsruimte te blijven zolang dat mogelijk is.

De conclusie is dat de netcapaciteit in het projectgebied beperkt is. Het beeld dat hierboven is geschetst geeft overigens de huidige situatie weer. Het is goed mogelijk dat door uitbereiding van andere activiteiten, zoals het te ontwikkelen bedrijvenpark Nudepark 2, in de toekomst netverzwaring in het projectgebied al aan de orde is.

3 Zonne-energie

In dit hoofdstuk zijn de gebiedskansen voor zonne-energie uitgewerkt. Rondom de Grebbedijk zijn een aantal type gebieden die potentieel in aanmerking komen voor het plaatsen van fotovoltaïsche systemen (zonnepanelen): de dijk zelf, weidegebieden (met name binnendijks), plassen (buitendijks) en daken van gebouwen. Deze laatste optie is voor de volledigheid genoemd, maar wordt in dit onderzoek naar zonne-energie op en rondom de dijk niet meegenomen. Zonnepanelen op daken zijn alleen voor de Rijnhaven onderzocht, in het kader van de 'Energie neutrale Rijnhaven' (zie Hoofdstuk 7).

Niet alle opties voor zonne-energie zijn even kansrijk. Het technisch potentieel kan verschillen per locatie. Daarnaast is het vanwege wet- en regelgeving niet overal mogelijk om zonnepanelen te plaatsen. Zo leven in het projectgebied beschermde diersoorten en zijn er verschillende natuurgebieden. Daarnaast zijn er wettelijke vereisten voor het bouwen in uiterwaarden en op dijklichamen.

Dit hoofdstuk beschrijft het potentieel voor zonne-energie in het projectgebied de Grebbedijk aan de hand van de wettelijke kaders, het beleid van verschillende overheden en technische mogelijkheden.

3.1 Wettelijke kaders en beleid

In het recent opgestelde ontwerp-Klimaatakkoord afgesproken dat er in regionale energie-strategieën (zie kadertekst) plannen worden gemaakt voor de realisatie van 35 TWh aan grootschalig hernieuwbare elektriciteit op land in 2030. Voor de invulling hiervan zijn windturbines en zon-PV-systemen de belangrijkste kandidaten.

Klimaatakkoord en Regionale Energiestrategie (RES)

In het recent opgestelde ontwerp-Klimaatakkoord (Sociaal-Economische Raad, 2018) is afgesproken dat er in regionale energie-strategieën plannen worden gemaakt voor de realisatie van 35 TWh aan grootschalig hernieuwbare elektriciteit op land in 2030.

Het gaat dan voornamelijk om elektriciteitsproductie uit windenergie en zonne-energie. Het is de bedoeling dat dit ontwerp-Klimaatakkoord wordt gebruikt in de vaststelling van het definitief Klimaatakkoord in het eerste kwartaal van 2019. In de tussentijd zijn provincies, waterschappen en gemeenten al gestart om samen met andere stakeholders in RES-regio's plannen te maken voor de productie van duurzame elektriciteit en de warmtetransitie in de gebouwde omgeving. In totaal zijn er 31 regio's, de gemeenten Wageningen en Rheden nemen deel in de Regio Foodvalley.

Zowel de provincies als de gemeentes hebben beleid opgesteld voor zonne-energie-systemen. Voor zonne-energiesystemen is vrijwel altijd een omgevingsvergunning nodig. De gemeente³ behandelt de aanvraag van een omgevingsvergunning en toetst deze onder andere aan ruimtelijke plannen en de Wet natuurbescherming. In voorkomende gevallen kan een wijziging van het bestemmingsplan noodzakelijk zijn.

³ Zeer grote zonne-energiesystemen met een elektrisch vermogen van 50 MW of groter vallen in principe onder de Rijkscoördinatie-regeling, dat wil zeggen dat het Rijk een inpassingsplan maakt en het vergunningsproces coördineert. De verlening van een omgevingsvergunning blijft in principe bij het gebruikelijk bevoegd gezag. Ter indicatie, voor een zonneveld zou het dan gaan om een veld met een omvang van meer dan 60 hectare.

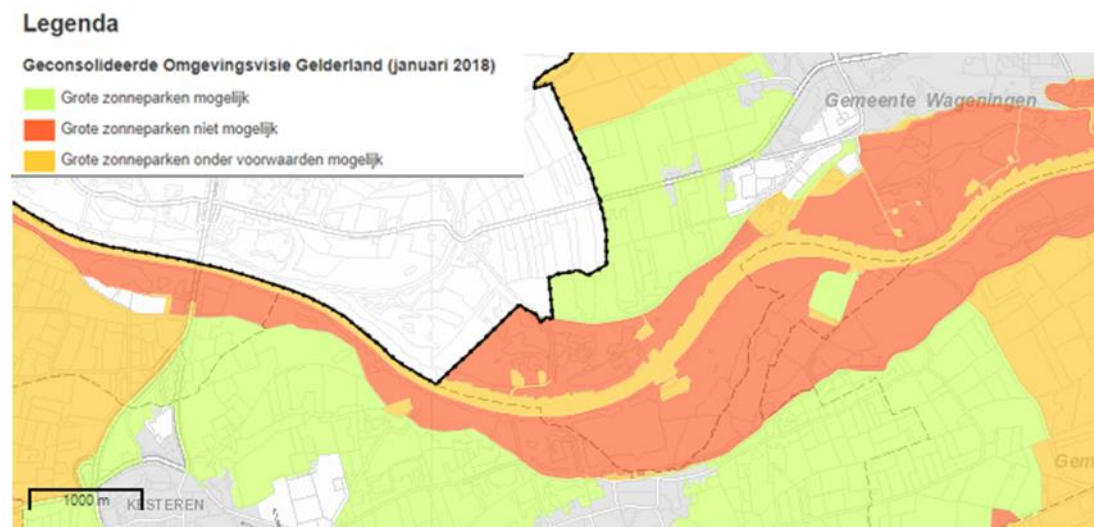
Provinciaal beleid

De provincie Gelderland heeft beleid voor het realiseren van zonneparken in haar Omgevingsvisie vastgelegd (Provincie Gelderland, 2018):

- kleine zonneparken (< 2 ha) en lijnopstellingen zijn overal mogelijk, mits ze gecombineerd worden met andere functies en/of restructuur invullen;
- grote zonneparken zijn in het buitengebied mogelijk mits het gecombineerd kan worden met de kernkwaliteiten van de ruimtelijke functie van het gebied.

De provincie Gelderland heeft hiervoor een kaart opgenomen waarin de mogelijkheden voor grote zonneparken zijn weergegeven, zie Figuur 7. Conform de Omgevingsvisie van de provincie Gelderland zijn grote zonneparken niet mogelijk in: het Gelders natuurnetwerk; weidevogelgebieden; rustgebieden voor winterganzen; Nieuwe Hollandse waterlinie en in glastuinbouwontwikkelingsgebieden. Grote zonneparken zijn onder voorwaarden mogelijk in: Natura 2000-gebieden; waterwingebieden; groene ontwikkelingszone; waardevolle open gebieden; dagrecreatieterrainen en nationaal landschap.

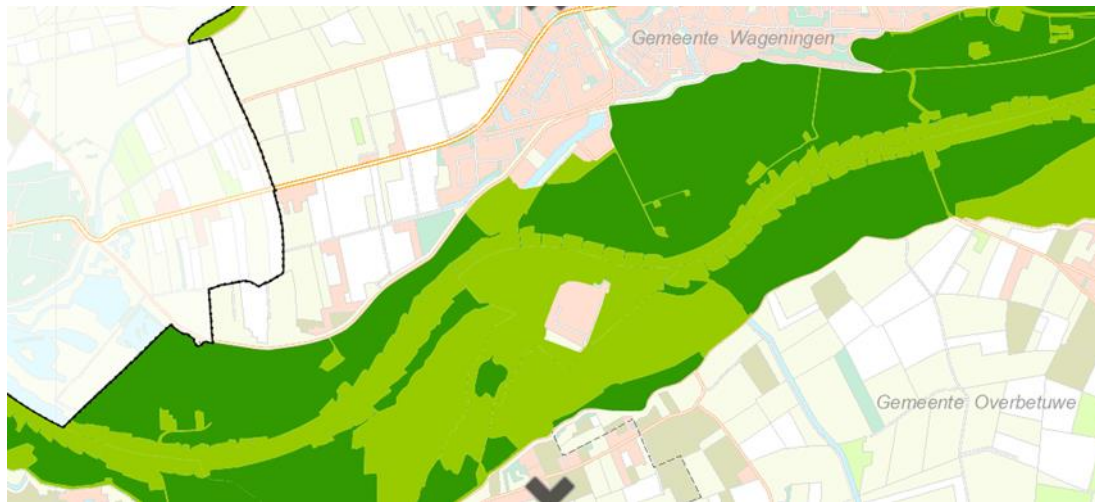
Figuur 7 - Kaart met mogelijkheden voor zonneparken uit de Omgevingsvisie Gelderland (januari 2018)



Op deze kaart is het binnendijkse gebied rondom de Grebbedijk gemarkeerd als gebied waar grote zonneparken mogelijk zijn. Andere delen van het projectgebied lenen zich hier niet goed voor. Voor een belangrijk deel komt dit omdat het Gelders Natuurnetwerk (wat overlapt met het Natura 2000-gebied rondom de Grebbedijk) door de provincie als ongeschikt wordt gezien voor het realiseren van zonneparken, zie Figuur 8: ‘vanwege de doelen en kwaliteiten voor natuur en de natuurwetgeving is het niet mogelijk om grote zonneparken te ontwikkelen’ (Provincie Gelderland, 2018). De groene ontwikkelingszone is ook weergegeven in Figuur 8. Zonneparken mogen hier alleen gebouwd worden als de kernkwaliteiten⁴ niet aangetast worden. Vergroting van de oppervlakte natuur en versterking van de ecologische samenhang zijn belangrijke randvoorwaarden wanneer in dit gebied iets gebouwd of ontwikkeld wordt.

⁴ Deze zijn: de samenhang met aangrenzende natuurgebieden; de aanwezige en nog te ontwikkelen natuurwaarden (in het bijzonder de ecologische verbindingzones); de landschappelijke, cultuurhistorische, geomorfologische en archeologische waarden; de abiotische kwaliteiten 4.3.5 rust, ruimte en stilte, donkerte, openheid en ‘rust’ (omgevingscondities).

Figuur 8 - Gelders Natuurnetwerk (donkergroen) en groene ontwikkelingszone (lichtgroen) in het projectgebied uit Omgevingsvisie Gelderland



In de Provinciale Ruimtelijke Structuurvisie en Provinciale Ruimtelijke Verordening (2013-2028, herijking 2016) (Provincie Utrecht, 2018) van de Provincie Utrecht wordt binnen het projectgebied zonne-energie niet uitgesloten. Wel gelden de volgende randvoorwaarden:

- bestaande omringende functies worden niet onevenredig aangetast of beperkt;
- vestiging in aansluiting op bestaande bebouwde agrarische bouwpercelen, hoofdinfrastructuur of stedelijke functies vindt plaats in overeenstemming met de schaal van de bebouwde omgeving, tenzij op een andere locatie een betere landschappelijke inpassing kan worden bereikt;
- de ontwikkelingen leiden niet tot onevenredige aantasting van landschappelijke kernkwaliteiten, natuurwaarden en de cultuurhistorische waarden.

Aanvullend gaat bij zonne-energie de voorkeur uit naar realisatie op daken en pauze-landschappen (landschappen waar al wel op structuurvisieniveau een bepaalde ontwikkeling is beoogd, maar waarbij de realisatie nog op zich laat wachten) voor gekozen wordt om open velden te benutten.

Gemeentelijk beleid

De gemeente Wageningen borduurt in haar 'Voorlopige criteria en voorwaarden zonneparken Wageningen' voort op Omgevingsvisie van de provincie Gelderland. Ze stelt een maximum van 36 ha aan zonneparken en hanteert voor de oranje-gele gebieden in Figuur 7 het principe 'nee, tenzij', voor de rode gebieden worden de mogelijkheden nader onderzocht. Zo zijn zonneparken in Natura 2000-gebieden mogelijk als wordt voldaan aan de regels van Natura 2000 en als de doelsoorten niet significant worden aangetast.

In het bestemmingsplan buitengebied van de gemeente Wageningen worden ook de waardevolle open gebieden genoemd, die door de provincie Gelderland in de omgevingsvisie zijn aangewezen. In deze gebieden mogen zonneparken de openheid van het landschap niet aantasten. De waardevolle open gebieden liggen echter buiten het projectgebied.

Eerste zonneweide in Wageningen

Er is door de gemeente Wageningen vorig jaar een voorstel voor een eerste zonneweide gedaan, in overeenkomst met haar klimaatplan genoemde ambitie om voor 2021 30 ha aan zonneveld te realiseren (Klimaatpartners Wageningen, 2017). De zonneweide moet komen aan de Haarweg, die binnen het projectgebied net ten noorden van de Grebbedijk en in het Binnenveld ligt.

Eigenaar van de grond is Wageningen UR, waarvoor de grond van lage prioriteit is op het gebied van agrarisch onderzoek. Er is gebleken dat *“De realisatie van een zonnepark past binnen dit gebied wat is aangewezen als proeftuin van de regio voor de thema's voedsel en energie. Gezien de percelen binnen het plangebied relatief laaggelegen en nat zijn, zijn de omstandigheden om hier voedsel te telen relatief ongeschikt. Het zonnepark gaat samen met de realisatie van kruidenrijk grasland, beheerd door schapen. Dit draagt bij aan de natuur, in een gebied waar natuur als belangrijke functie wordt gezien. De voorgenomen ontwikkeling verstoort de zichtrelaties tussen Grebbedijk, Utrechtse Heuvelrug en Nieuwe Kanaal niet.”* (Gemeente Wageningen, 2018)

Voor zover bekend heeft de gemeente Rhenen geen specifiek beleid gericht op zonne-energie.

Bestemmingsplannen

In het projectgebied is het bestemmingsplan ‘Buitengebied’ van de gemeente Wageningen van toepassing. Op hoofdlijnen kan gesteld worden dat binnendijks gebieden aangewezen zijn als ‘Agrarisch - Onderzoek en onderwijs’ of ‘Agrarisch met waarden’ (al dan niet met een toevoeging) en aanvullend ook met waarde archeologie. Binnen deze bestemmingen wordt de productie van duurzame energie expliciet benoemd als één van de doeleinden (“een en ander met bijbehorende voorzieningen, waaronder perceelontsluitingen, parkeervoorzieningen en sloten, met bijbehorende bouwwerken en voorzieningen waaronder de opwekking van duurzame energie in de vorm van windenergie en zonne-energie alsmede warmtekoelopslag”). Het gaat dan echter wel om een ondergeschikt doel, zoals blijkt uit de toelichting bij het bestemmingsplan: “Voorzieningen ten behoeve van opwekking van wind- en zonne-energie en het gebruik van bodemenergie worden bij recht toegestaan, mits het een ondergeschikte activiteit betreft en past binnen de maatvoering van de bouwvoorschriften van de bestemmingen agrarische doeleinden, bedrijven, maatschappelijk, recreatie en wonen. Grootschalige installaties voor windenergie (windmolens) zullen daarom niet in het bestemmingsplan mogelijk worden gemaakt, maar vereisen een afzonderlijke procedure”. Buitendijks kan op hoofdlijnen gesteld worden dat gebieden aangewezen zijn als ‘Natuur’ waarbij de productie van duurzame energie niet expliciet als neven doel benoemd wordt.

Op het grondgebied van Rhenen is bestemmingsplan ‘Buitengebied Rhenen’ van toepassing.

Hier is op hoofdlijnen het gebied aangewezen als ‘Agrarisch’ en aanvullend ook met waarde archeologie. In het bestemmingsplan wordt niets genoemd over de productie van duurzame energie, onder ‘Agrarisch’ lijkt een dergelijke bestemming niet te passen.

Referenties naar de bestemmingsplannen:

- [Bestemmingsplan Buitengebied Wageningen](#) (Pouderoyen Compagnons, 2018).
- [Bestemmingsplan Buitengebied Rhenen](#) (Gemeente Rhenen, sd).



Natuurbescherming

Bij de bouw van zonneparken moet rekening gehouden worden met natuurbelangen. Om bepaalde gebieden, plant- en diersoorten te beschermen, is zowel op Europees, landelijk en provinciaal niveau wet-, regelgeving en beleid. Zo zijn in de Wet natuurbescherming bepaalde natuurgebieden (Natura 2000) en plant- en diersoorten uit de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn beschermd. Daarnaast zijn op provinciaal niveau in de ruimtelijke verordening ook natuurgebieden aangewezen.

In verschillende type natuurgebieden, met Natura 2000 als de voornaamste, zijn zonneparken mogelijk onder strenge voorwaarden. Aangetoond moet worden dat de PV-systemen geen nadelige effecten mogen hebben op de habitats en soorten waarvoor het gebied is aangewezen als Natura 2000. Om een vergunning te krijgen voor PV-systemen in deze gebieden moeten speciale procedures doorlopen worden, waarin deze effecten worden onderzocht. Eventueel kunnen negatieve effecten met mitigerende maatregelen worden weggenomen. Dit is verder toegelicht in Bijlage A. In het Natuurnetwerk Nederland (NNN, voorheen EHS) worden geen nieuwe functies mogelijk gemaakt, tenzij er geen reële alternatieven aanwezig zijn, reden van groot openbaar belang zijn, negatieve effecten op kernkwaliteit worden beperkt, de overblijvende negatieve effecten worden gecompenseerd. De provincie Gelderland geeft in haar Omgevingsvisie aan dat het Gelders Natuurnetwerk uitgesloten is voor grote zonneparken, dit overlapt grotendeels met NNN en Natura 2000-gebieden.

In samenhang met natuurgebieden zijn ook bepaalde plant- en diersoorten beschermd. De Europese Vogel- en Habitatrichtlijn is geïmplementeerd in de Wet natuurbescherming. Diverse plant- en diersoorten zijn in verschillende mate beschermd, zowel tijdens de aanleg als exploitatiefase van zonneparken. In de provincie Utrecht komen ongeveer 500 van deze beschermde soorten planten en dieren voor⁵. In de provincie Gelderland leven ook een groot aantal beschermde plant- en diersoorten, waarvan ongeveer 75 soorten zouden verdwijnen als de provincie geen aanvullende maatregelen neemt. In Bijlage A is een overzicht gegeven van de beschermde diersoorten die leven in het projectgebied en mogelijk hinder ondervinden van zonneparken.

Grondgebonden zonneparken kunnen dus een negatieve impact hebben op de habitat van beschermde diersoorten (WUR, 2018). Grondgebonden zonneparken kunnen echter ook een positieve invloed op ecologie in een gebied hebben. Dit treedt met name op wanneer het gebied voorheen landbouwgrond was, en met het zonnepark erop ecologisch meer verantwoord wordt beheerd: zonnepanelen staan ver genoeg uit elkaar om zon op de grond te laten komen, er wordt weinig gemaaid zodat bloemen en kruiden de kans hebben om te groeien en vogels, insecten en kleine zoogdieren voedsel en rust vinden tussen de begroeiing (WUR, 2018).

Zon-PV op dijken

Er zijn nog geen plekken in Nederland waar een nog functionerende dijk (waarvan de primaire functie waterkering is) met zonnepanelen is belegd. Ook is er nog weinig bekend over de mogelijkheden van zonnepanelen op primaire waterkeringen, specifiek beleid hiervoor ontbreekt nog. In een recent rapport over 'Zon op Dijk' (Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018) wordt aangegeven dat het huidige wettelijk beoordelings-instrumentarium weinig ruimte biedt voor het toepassen van zonnepanelen.

⁵ [Provincie Utrecht: Natuurbeleid, icoonsoorten, aandachtsoorten, natuurparels](#) (Provincie Utrecht, 2019).



Alleen daar waar dijken overmatige robuust zijn (overhoogte of oversterkte), worden er in de huidige praktijk minder strikte eisen gesteld, waardoor zonnepanelen kunnen worden ingepast. In het dijkontwerpen van de Grebbedijk is geen sprake van overmatige robuustheid.

Er zijn een aantal uitdagingen, vooral voor de bevestiging van zonnepanelen in dijken: de primaire functie van de dijk mag niet in het geding raken. Een belangrijk aspect hierbij is erosie: dit kan gebeuren door infiltratie van regenwater door de palen waarop de zonnepanelen staan, afwatering van de zonnepanelen die geulen veroorzaken of het doorboren van de 'freatische laag' tijdens installatie (SEAC, 2018; Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018). Bestaande zonnepanelen zijn niet erosie- of golfbestendig (Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018). Daarnaast moet rekening worden gehouden met inpassing van de zonnepanelen in het landschap, bescherming van het materiaal tegen beschadiging en diefstal en het feit dat er een elektrische installatie staat dicht bij water (Ecofys, 2017).

De taluds van de Grebbedijk zijn op het noorden en zuiden georiënteerd. De zuidkant is de zongerichte zijde en daarmee voor de energieopbrengst de meest geschikte zijde, maar dit is tevens ook de waterkerende zijde, waardoor de plaatsing van zonnepanelen niet voor de hand ligt. Aan de noordzijde (binnendijks) kunnen zonnepanelen relatief weinig zonlicht opvangen, wat het plaatsen van zonnepanelen niet rendabel maakt. Daarnaast is de Grebbedijk een primaire dijk (winterdijk). Dat type dijk wordt in het rapport 'Zon op Dijken' (Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018) aangeduid als zijnde 'neutraal'/'niet kansrijk' als dijktype met zonnepanelen - de beperking komt vooral door natuur en historische waarden. De grootste mogelijkheid voor dit type dijken is kleinschalige opstellingen gekoppeld aan (thermische) toepassingen met (bijvoorbeeld) een directe levering aan binnendijkse gebieden.

Op dit moment wordt er door SEAC onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor zonne-energie op dijken. SEAC heeft hiervoor een aantal varianten uitgewerkt, weergegeven in Figuur 9: reguliere panelen, bi-facial panelen, PV op paal, PV met inclinatie, PV op afdekfolie en PV als verharding.

Figuur 9 - Voorbeelden van zon op dijk



Bron: (SEAC, 2018).

In het kader van het project 'Zon-op-dijk' van STOWA zal er binnenkort een pilot starten bij het waterschap Scheldestromen. Hier wordt voor het eerste getest met zonnepanelen op een (laag-risico) primaire dijk. Tegelijk wordt ook bij het waterschap Zuiderzeeland een pilot in gang gezet, maar deze vindt niet plaats op een primaire dijk (de Knardijk). Een ander experiment vindt plaats op de Drieseldijk bij Arnhem (waterschap Rivierenland), dit is wederom geen primaire dijk.

Op dit moment is er dus nog te veel onduidelijk om zonnepalen, buiten het kader van een pilot, toe te passen op een primaire dijk, wat niet alleen blijkt uit de onderzoeken die nu (gaan) lopen, maar ook uit de zeer beperkte literatuur en kennis die over dit onderwerp beschikbaar is. Gezien de ongunstige oriëntatie (binnendijk aan noordzijde) en de typering (primaire dijk) van de Grebbedijk, ligt het voor de hand om eerst de resultaten van deze experimenten af te wachten voordat het plaatsen van zonnepalen in een planprocedure wordt meegenomen.

Zon-PV op water

Voor het realiseren van zon-PV op water is geen gemeentelijk of provinciaal beleid. Wel moet rekening gehouden worden met wet- en regelgeving, onder andere voor natuurbescherming.

De plassen buitendijks van de Grebbedijk lijken op het eerste gezicht geschikte plekken om drijvende zonneparken op aan te leggen. Het water golft weinig en de zonnepanelen kunnen meebewegen met de waterstand⁶. Zonnepanelen op water hebben een hoger rendement dan zonnepanelen op land of daken. Het water koelt de panelen, waardoor er minder warmteverlies is en de panelen een hoger rendement hebben. Andere mogelijkheden die voor een hogere opbrengst kunnen zorgen zijn systemen die:

1. Meedraaien met de richting van de zon.
2. Meekantelen met de stand van de zon.
3. De reflectie van het zonlicht op het water gebruiken (bi-facial-zonnepanelen).

Zon-PV op water is al een aantal keer toegepast in Nederland. Ook worden in pilots, gecoördineerd door het consortium Zon op Water, verschillende systemen en de effecten (opbrengst, impact op omgeving, ecologie, e.d.) getest. Bijvoorbeeld op de Slufter op de Tweede Maasvlakte. Alle projecten met zon-PV op water zijn op dit moment echter geplaatst in industrieel gebied of in bijvoorbeeld een rioolwaterzuivering; er zijn geen plannen voor een drijvend zonnepark in natuurgebied.

Voorbeelden in Nederland van zonneparken op water

Lingewaard: grootste drijvende zonnepark (6.150 panelen; 2,75 ha) van Europa in een gietwaterbassin naast glastuinbouw.

Texel, Everste Koog: 800 panelen in de bezinkbak van de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Texel, golfbaan de Texelse: 2.390 panelen in de waterberging van de golfbaan.

Maasvlakte, Slufter: pilotproject met Nederlandse systemen voor drijvende zonneparken, ieder 50 kWp.

Engie, Burgum en Zaandam: Pilotparken op eigen terrein van Engie.

⁶ [HYDRELIO® TECHNOLOGY](#) (Ciel & Terre, 2019).



Deltares heeft een handreiking voor de vergunningverlening van zon-PV-systemen op water opgesteld (Deltares, 2018). In deze handreiking zijn ook de ecologische effecten van zon-PV-systemen op water geanalyseerd. Uit die analyse volgt dat bij toenemende bedekking van het wateroppervlak door zon-PV-systemen er “veranderingen in het watersysteem optreden die mogelijk de waterkwaliteit en de ecologie nadelig beïnvloeden⁷”. De meeste effecten treden op bij een bedekking van 50% of meer. Bij een bedekking van 10% of minder worden geen grote effecten op waterkwaliteit of ecologie verwacht.

Uit het rapport ‘Kwetsbare soorten voor energie-infrastructuur in Nederland’ (WUR, 2018) blijkt dat er nog geen wetenschappelijk onderzoek gedaan is naar de invloed van zon-PV op water op kwetsbare vogels, vleermuizen, zeezoogdieren en vissen zijn. Wel wordt er beredeneerd dat de schaduwwerking van zonnepanelen boven water een negatief effect kunnen hebben op zoetwatervissen en waterplanten, vooral in oevergebieden. Dit is voor zon-PV op de plassen bij de Grebbedijk dus zeker relevant. Daarnaast valt te beredeneren dat de plassen foerageergebied zijn voor enkele belangrijke diersoorten langs de Grebbedijk. Open water moet behouden worden omdat bijvoorbeeld meervleermuizen boven water jagen (Ecogroen, 2018). Voor vleermuizen is verder gebleken dat horizontaal gelegen zonnecellen aandoen als water, waardoor ze met de cellen in botsing zouden kunnen komen als ze naar water duiken om te willen drinken en het geen water blijkt te zijn. Diverse soorten vleermuizen komen voor in het projectgebied en een aantal van hen foerageren specifiek in de uiterwaarden en boven de Nederrijn (o.a. de meervleermuis) (Bureau Waardenburg, 2011).

Zonnepanelen op de plassen in de uiterwaarden bij de Grebbedijk (Natura 2000-gebied Rijntakken) lijken op het eerste gezicht dus lastig haalbaar. Het is door de provincie uitgesloten en is volgens Natura 2000-richtlijnen alleen mogelijk als uit nader onderzoek blijkt dat er geen nadelige effecten zijn op de habitats en soorten of dat deze met maatregelen gemitigeerd kunnen worden. Daarvoor is aanvullend ecologisch onderzoek ter plaatse nodig. In dat laatste geval kunnen de oppervlakte van de plassen slechts voor een beperkt deel van het oppervlak belegd worden met zon-PV-panelen, om de ecologische effecten te beperken. Bij een bedekking tot 10% van het wateroppervlak worden geen nadelige effecten verwacht.

Conclusie

Bij het plannen van zonneparken is een van de belangrijkste aandachtspunten in het projectgebied natuur en beschermde dier- en plantsoorten. Een groot deel van de uiterwaarden in het projectgebied is onderdeel van Natura 2000 en het Gelders Natuurnetwerk. Hier zijn zonneparken door de provincie uitgesloten en is het volgens Natura 2000-richtlijnen alleen mogelijk als uit nader onderzoek blijkt dat er geen nadelige effecten zijn op de habitats en soorten of dat deze met maatregelen gemitigeerd kunnen worden. Deze nadelige effecten zijn er mogelijk wel, doordat de plassen foerageergebied zijn voor enkele beschermde diersoorten. Hiervoor is aanvullend ecologisch onderzoek nodig. Dit maakt de uiterwaarden van de Grebbedijk geen kansrijke locatie voor zowel grondgebonden zonneparken als zonnepanelen op water. De dijk is eveneens geen geschikte locatie vanwege de oriëntatie en de beperkte ervaring met zonneparken op dijkluchamen. De meest geschikte locatie voor de realisatie van een zonnepark is het landbouwgebied ten noorden van de Grebbedijk (hiervan is het potentieel verderop in dit hoofdstuk uitgewerkt).

⁷ Het gaat hierbij om veranderingen “in de temperatuur, de verdeling van de temperatuur over de waterkolom (stratificatie en menging), het zuurstofgehalte, de biomassa en de samenstelling van het fytoplankton en het areaal geschikt voor waterplanten” (Deltares, 2018).



3.2 Potentie

Uit het voorgaande blijkt dat in het projectgebied zonneweiden binnendijs de enige kansrijke optie zijn voor de productie van elektriciteit uit zonne-energie. Zonnepanelen op plassen in de uiterwaarden zijn vanwege de ligging in Natura 2000-gebied niet kansrijk. De potentie is daarom niet verder uitgewerkt, in Bijlage C wordt wel kort verder ingegaan op de mogelijkheden die er technisch zijn en wat belangrijke aspecten voor de businesscase van zonnepanelen op water zijn.

Per kansrijk alternatief hebben we het potentieel voor zonneweiden in kaart gebracht. Bij dit potentieel is het gebied aan de Haarweg inbegrepen, waar een zonnepark in ontwikkeling is.

Methode

Per hectare kan gemiddeld gezien 0,8 MWp aan zon-PV-vermogen gerealiseerd worden (RVO, 2016), maar de waarden uit de literatuur lopen uiteen⁸. Het aantal zonuren verschilt per jaar, het is echter gebruikelijk om uit te gaan van 900 vollasturen per jaar. Hiermee komt de energieproductie per hectare uit op 720 MWh/jaar. Een geschikte locatie voor een zonnepark bestaat uit een aangesloten gebied van minimaal 0,5 hectare, hierin volgen we de aannames van de Nationale EnergieAtlas. Geschikte locaties met dergelijke omvang binnen het project zijn gras- of akkerlanden.

Er bestaan diverse 'ladders' met voorkeursvolgordes van gebieden voor zonnevelden, uitgangspunt van al deze ladders is dat daken als eerst in aanmerking komen voor zonnepalen, daarna ander urbaan gebied en als laatst waardevolle landbouw- en natuurgebieden (zie kadertekst). Vanuit deze gedachte, en vanuit de gedachte van meervoudig landgebruik, hebben we graslanden in het projectgebied aangewezen als kansrijke geschikte gebieden voor zonnepanelen. Grasland kan na plaatsing van zonnepanelen alsnog gebruikt worden voor bijvoorbeeld het grazen van schapen. Akkerbouwlanden, zijn productieve landbouwgronden en hebben we gekenmerkt als 'matig geschikt'. Ook velden binnen het gebied dat is aangemerkt als gebied met cultuurhistorische waarden zijn mogelijk minder geschikt (zie Figuur 3 in Hoofdstuk 2). Kleine velden en velden binnen natuurgebieden hebben we uitgesloten (om redenen genoemd in Paragraaf 3.1). Deze selectie is uitgevoerd op basis van de typering van de landbouwpercelen van de Basisregistratie Gewaspercelen (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2019).

Tot slot hebben we ook gebieden gemarkeerd die relatief ver van het middenspanningsnet (MS-net) liggen, waardoor de aansluitkosten voor grote zonnevelden tot 2 MVA (2 MW piekvermogen) hier relatief hoog uitpakken. Voor grotere zonneparken geldt dat hoe verder van het onderstation, hoe hoger de kosten.

⁸ Het RVO geeft een range van 0,6 tot 1,2 MWp/ha (RVO, 2016), zo wordt in de Nationale EnergieAtlas in de kaartlaag 'zonpotentie velden' gerekend met 0,65 MWp/ha. In de Roadmap PV Systemen en Toepassingen (SEAC, Universiteit Utrecht & TKI Urban Energy, 2017) wordt overigens de verwachting uitgesproken dat de vermogensdichtheid zal groeien van 0,8 MWp/ha nu, naar 2,24 MWp/ha in 2050. Deze ontwikkeling komt voort uit verbeterde efficiency van de PV technologie, de transitie van voornamelijk zuidgeoriënteerde parken naar Oost-West-georiënteerde parken en de toepassing van verticaal gepositioneerde bi-facial panelen (SEAC, Universiteit Utrecht & TKI Urban Energy, 2017).



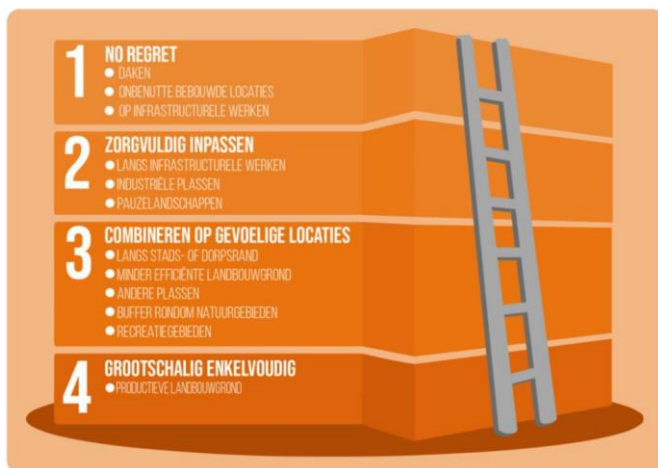
Ladders voor zonneweides

Er bestaan verschillende ‘ladders’ met voorkeurslocaties voor zonne-energie in ruimtelijke ontwikkeling, een hiervan is de ‘ladder voor duurzame verstedelijking’ (RVO, 2016), in oplopende volgorde:

daken - urbaan - industrieterreinen - stortplaatsen - warme grond - rand van bebouwde kom - erven van boerderijen - langs infrastructuur, zoals op- en afritten - voormalige stortplaatsen - landbouwgrond (dubbelgebruik) - landbouwgrond (monogebruik) en de natuurnetwerken

Ook in het kader van het Klimaatakkoord zal in samenspraak met decentrale overheden gewerkt gaan worden aan een zonneladder “die richting geeft aan het benutten van de schaarse ruimte voor de inpassing van zonne-energie” (Rijksoverheid, 2018). De Rijksoverheid geeft hierbij richting door de voorkeur te geven aan “zon op daken of zonneweides in landelijk gebied met lage landschappelijke, ecologische of landbouwkundige waarde en het maximaal benutten van grootschalige clustering op land voor de opwekking van duurzame energie (wind en waar nodig ook zon)” (Rijksoverheid, 2018). Vooruitlopend hierop hebben de gezamenlijke natuur- en milieufederaties een eigen ladder opgesteld, die is weergegeven het volgende figuur (De Natuur en Milieufederaties, 2018).

Figuur 10 - ‘De constructieve zonneladder’ van De Natuur en Milieufederaties



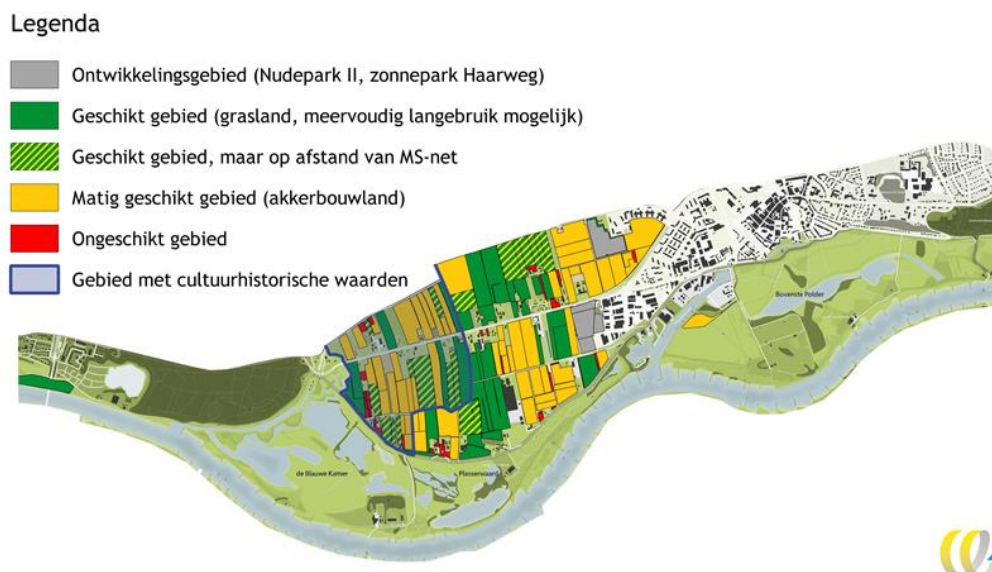
Bron: (De Natuur en Milieufederaties, 2018).

Per kansrijk alternatief is het potentieel in kaart gebracht. De onderlinge verschillen zijn echter klein. Bij de potentiebepaling in termen van vermogen en energieopbrengst zijn we uitgegaan van de eerdergenoemde kentallen. In sommige velden staan bijvoorbeeld hoogspanningsmasten, hierdoor kan in de praktijk niet het gehele oppervlak voor zonnepanelen gebruikt worden. Ook extra ruimtegebruik voor landschappelijke inpassing, door het plaatsen van hagen, groenstroken enzovoort, zijn niet expliciet meegenomen, evenals schaduwwerking van bomen en hoge gebouwen. Dit speelt overigens nauwelijks een rol in het projectgebied.

3.2.1 Kansrijk alternatief ‘smalle Grebbedijk’

Al zijn de onderlinge verschillen klein, toch biedt dit alternatief de meeste kansen voor zonnevelden, zowel het oppervlak aan geschikte als minder geschikte gebieden is het grootst in dit alternatief. Dit komt omdat de dijk niet verplaatst wordt. Op de driehoek bij de haven ligt nog een stuk grasland in nog te ontwikkelen Natura 2000-gebied en vormt daarmee een matig geschikt gebied. De resultaten zijn weergegeven in de kaart en de tabel van Figuur 11.

Figuur 11 - Indicatie geschikte gebieden voor zonne-energie voor KA1



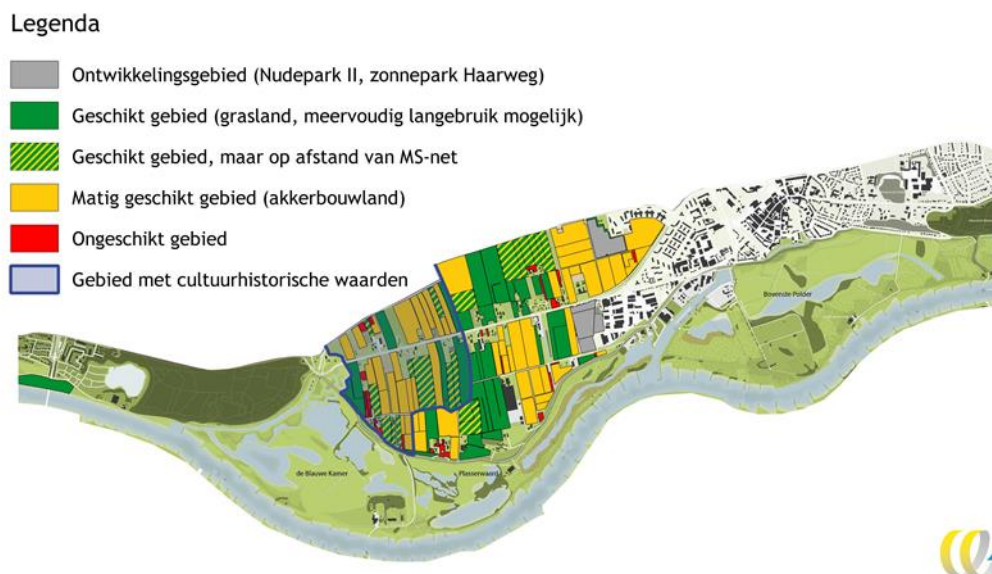
Bron achtergrondkaart: (Lieveuse, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Oppervlakte (ha)	Potentieel realiseerbaar vermogen (MWp)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Geschikte gebieden	74	59	53
— waarvan op afstand van MS-net	20	16	14
Minder geschikte gebieden	164	131	118
— waarvan matig geschikte gebieden	113	91	81
— waarvan geschikt, maar binnen cultuurhistorisch gebied	33	27	24
— waarvan geschikt, maar op afstand van MS-net en binnen cultuurhistorisch gebied	17	14	12

3.2.2 Kansrijk alternatief ‘brede Grebbedijk’

Dit alternatief biedt de minste kansen voor zonnevelden, al zijn de onderlinge verschillen klein. Zowel het oppervlak aan geschikte als minder geschikte gebieden is het grootst in dit alternatief. Dit komt omdat de dijk een groot deel verplaatst wordt, wat ten koste gaat van de oppervlakte voor zonnevelden. De resultaten zijn weergegeven in de kaart en de tabel van Figuur 12.

Figuur 12 - Indicatie geschikte gebieden voor zonne-energie voor KA2



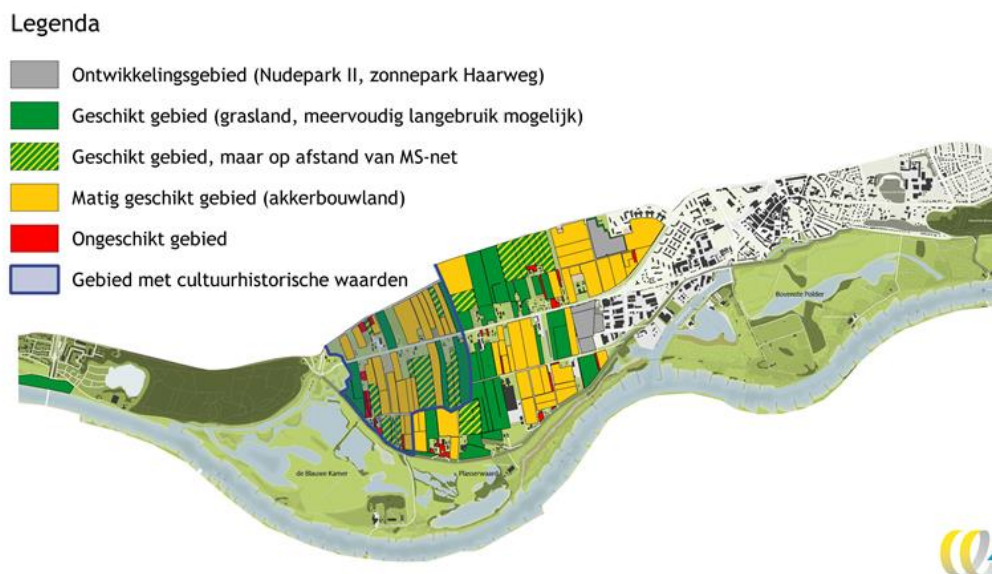
Bron achtergrondkaart: (Lievence, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Oppervlakte (ha)	Potentieel realiseerbaar vermogen (MWp)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Geschikte gebieden	72	58	52
— waarvan op afstand van MS-net	20	16	14
Minder geschikte gebieden	156	125	113
— waarvan matig geschikte gebieden	106	85	76
— waarvan geschikt, maar binnen cultuurhistorisch gebied	33	27	24
— waarvan geschikt, maar op afstand van MS-net en binnen cultuurhistorisch gebied	17	14	12

3.2.3 Kansrijk alternatief ‘integrale Grebbedijk’

Dit alternatief verschilt weinig van het eerste alternatief (‘smalle Grebbedijk’). Het wijkt alleen af in het oppervlak voor minder geschikt gebied. Dit komt omdat in de driehoek bij de haven een recreatieplas wordt gecreëerd, waardoor hier zonnepanelen definitief uitgesloten zijn. De resultaten zijn weergegeven in de kaart en de tabel van Figuur 13.

Figuur 13 - Indicatie geschikte gebieden voor zonne-energie voor KA3



Bron achtergrondkaart: (Lievence, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Oppervlakte (ha)	Potentieel realiseerbaar vermogen (MWp)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Geschikte gebieden	74	59	53
— waarvan op afstand van MS-net	20	16	14
Minder geschikte gebieden	162	130	117
— waarvan matig geschikte gebieden	111	89	80
— waarvan geschikt, maar binnen cultuurhistorisch gebied	33	27	24
— waarvan geschikt, maar op afstand van MS-net en binnen cultuurhistorisch gebied	17	14	12

3.3 Innovatieve opties

Voor het projectgebied hebben we innovatieve opties voor zon-PV-systemen bekeken, die kansrijk zijn om binnen de voorgaand geschetste kaders gerealiseerd te worden. Het is hierbij belangrijk om te realiseren deze systemen in termen van kosten en opbrengsten, aanzienlijk minder interessant zijn dan de conventionele zon-PV-systemen. Tabel 2 geeft een overzicht van de drie innovatieve opties die hierna in meer detail worden toegelicht.

Tabel 2 - Overzicht en eigenschappen potentiële innovatieve zon-PV opties

Categorie	Solar road	Zonneboom	Zonnepanelen in gevels
Status	Demonstratie	Commercieel	Commercieel
Productie	93 kWh/m ² /jaar (Indicatie KA2: 750 MWh/jaar, KA3: 165 MWh/jaar)	3.700 kWh/jaar (per stuk)	Afhankelijk van situatie
Impact natuur	Geen	Beperkt	Geen
Impact omgeving	Geen	Beperkt	Geen
Afbeelding	 Bron: Wikimedia Commons	 Bron: Wikimedia Commons	 Bron: Wikimedia Commons

Solar road: dunne film zonnecellen in wegen (voor op de dijk)

Er zijn in Nederland en in een aantal andere landen proeven bezig met fietspaden en autowegen waarop zonnepanelen liggen (Fluxenergie, 2019). De 'solar roads' die in Nederland getest worden bestaan uit betonnen modules met een toplaag van gehard glas. Deze toplaag is stevig, stroef en transparant. Tussen het beton en het geharde glas zitten (kristallijne) silicium zonnecellen. Het wegdek wordt geplaatst onder een kleine hoek, zodat vuil samen met het regenwater wegspoelt (TNO, 2016). In het rapport 'Zon op Dijken' (Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018) worden solar roads genoemd als optie voor de verharding van fietspaden of wegen op de dijk. In dit rapport wordt ook genoemd dat in de toekomst solar road-panelen wellicht als taludbekleding gebruikt kunnen worden, als er meer onderzoek is gedaan naar de golf- en erosiebestendigheid van deze modules.

Resultaten van enkele pilots

De eerste uitkomsten van proeven beginnen binnen te komen, waardoor nu iets te zeggen valt over de opbrengst en de kosten per kWh ervan:

Fietspad: Solaroad (een consortium van TNO, provincie Noord-Holland, Strukton en Dynniq) heeft een fietspad met geïntegreerde zonnepanelen getest in Krommenie (TNO, 2017). In eerste instantie is getest met siliciumcellen, later in de proef is ook een strook met dunnefilm zonnecellen getest. De eerste versie van panelen die in 2014 (70 m) werden aangelegd leverde 73 kWh/m²/jaar op, de tweede versie aangelegd in 2016 (verlengd naar 90 m) 93 kWh/m²/jaar. De opbrengst liep in het tweede jaar terug naar 50-70 kWh/m²/jaar, de oorzaak hiervan was verminderde transparantie van de wegdelen. De opbrengst van de wegdelen met dunnefilm zonnecellen was in het eerste jaar lager (41 kWh/m²/jaar) (Solaroad, 2018). Eén van de problemen waar men tegenaan liep was het loslaten van de deklagen.

De kosten voor dit project waren € 3,5 miljoen (SolaRoad, sd). Het is op dit moment mogelijk de zonnepanelenweg in 20 jaar terug te verdienen, maar het is een stuk duurder dan zonnepanelen op daken (kosteneffectiviteit) en gewoon asfalt.

- Autoweg: Op de N401 ligt een berijdbaar stuk wegdek met zonnepanelen van de Franse leverancier Colas (Wattway), aangelegd door BAM. Eerdere proeven van dit bedrijf in Frankrijk leverde minder op dan gehoopt (GreenTechMedia, 2018). De kosten van de aanleg van 1 km zonneweg waren € 5 miljoen, en de opbrengt in het eerste jaar was 409 kWh/dag. Ook deze technologie is dus nog in de testfase, waarin de efficiëntie en kosteneffectiviteit nog in ontwikkeling zijn.

Toepassing van solar roads op bijvoorbeeld het fietspad op de steunberm in het kansrijke alternatief KA2 biedt ruimte voor een oppervlak van circa 15.000 m² (3 m x 5 km) en in KA3 circa 3.300 m² (3 m x 1,1 km). Veronderstellen we een energieproductie van 50 kWh/m²/jaar voor een solar road dan levert dit voor KA2 circa 750 MWh elektriciteit per jaar op en in KA3 circa 165 MWh elektriciteit per jaar. Ter vergelijking, een gemiddeld huishouden in Nederland verbruikt 3 MWh elektriciteit per jaar. Een belangrijke kanttekening heeft betrekking op de kosten van solar road-systemen, de systemen zijn nu nog circa 10 keer duurder dan normale panelen (Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018).

Zonnebomen en zonnebloemen

Op verschillende plekken in Nederland zijn zogeheten ‘zonnebomen’ en ‘zonnebloemen’ neergezet. Bijvoorbeeld in Oss (wUrck, sd). Dit zijn kunstwerken in de vorm van bomen of bloemen met zonnepanelen als blaadjes. Op kleine schaal kunnen deze bomen wellicht makkelijker in natuurgebieden geïmplementeerd worden of beter ruimtelijk ingepast. De zonnebomen die in Oss zijn gerealiseerd leveren per stuk circa 3.700 kWh (iets meer dan een gemiddeld huishouden).

Zonnepanelen in gevels

Bij eventuele nieuwbouw in de haven (bij een verplaatsing van Bruil bijvoorbeeld), zouden gebouwen en kantoren voorzien kunnen worden van zonnepanelen in de gevels. Dit kunnen verschillende typen panelen zijn, bijvoorbeeld transparant of zwart. De energieproductie hangt af van de toepassing en het type paneel (Sirius Solar, sd).

3.4 Effectiviteit en no-regret-maatregelen

Effectiviteit en de businesscase

Voor een goede businesscase is het van belang dat er voldoende schaalgrootte kan worden bereikt, zo is voor het verkrijgen van een SDE+-subsidie een minimale omvang van 15 kWp vereist (een zonneweide van circa 190 m²). Veel zonneparken hebben echter een omvang van enkele tot enkele tientallen hectares (RVO, 2016). In de analyses hebben wij een minimale omvang van 0,5 hectare (5.000 m²) verondersteld, in navolging van de Nationale EnergieAtlas. Grotere zonneprojecten zijn echter niet per definitie rendabeler, hogere kosten voor een netaansluiting, de ontwikkelings- en instandhoudingskosten, staan tegenover inkoopvoordelen (RVO, 2016). Daarnaast moeten de zonnepanelen zo geplaatst kunnen worden dat ze optimaal zongericht georiënteerd (richting het zuiden). Dit is een belangrijke reden, waarom zonnepanelen op de Grebbedijk niet geschikt zijn.



Het is hierbij belangrijk ook dat er geen obstakels in de buurt zijn die voor schaduw op de panelen kunnen zorgen.

Voor een rendabele businesscase zijn er twee subsidiemogelijkheden:

1. De SDE+-subsidie voor grote productie-installaties, waarbij de onrendabele top tussen productiekosten en de marktprijs voor elektriciteit (tot op zekere hoogte) met subsidie gecompenseerd wordt. Een grootverbruikersaansluiting op het elektriciteitsnet is verplicht. Systemen ≥ 15 kWp en < 1 MWp moeten binnen 1,5 jaar gerealiseerd worden, niet-gebouwgebonden systemen ≥ 1 MWp binnen 4 jaar.
2. De postcoderoosregeling, waarbij inwoners uit de omliggende postcodegebieden gezamenlijk investeren in een zonnenveld en via hun energierekening belastingkorting krijgen.

De kosten van een netaansluiting vormt een belangrijke kostenpost. Het combineren van bijvoorbeeld wind- en zonne-energie of een grootverbruiker en een zonnepark op één aansluiting, kan bijdragen aan een betere businesscase. Ook kan het in sommige gevallen voordelig zijn om de piekproductie op een zonnige dag te reduceren door panelen af te schakelen, om zo binnen de gecontracteerde capaciteit van de aansluiting te blijven. Een innovatief alternatief hiervoor kan energieopslag of -conversie zijn, bijvoorbeeld elektriciteitsopslag in een accu of de conversie naar warmte (bijvoorbeeld voor warmtelevering aan glastuinbouw of industrie die tegelijkertijd een gasgestookte installatie kan afschakelen).

De kosten voor een netaansluiting kan per netbeheerder (en per jaar) verschillen. Het kan dus voorkomen dat het binnen het projectgebied goedkoper is om een netaansluiting van een zonnepark te realiseren op het grondgebied van Rhenen (Stedin) dan op het grondgebied van Wageningen (Liander) of vice versa. Dit hangt ook samen met een goede locatiekeuze, waarbij de afstand tot het middenspanningsnet (voor projecten tot 2 MVA) of tot het onderstation (voor projecten >2 MVA) zo klein mogelijk is. Zie Paragraaf 1.1 voor meer details over capaciteit en aansluitkosten van productie-installaties in het projectgebied.

Effectiviteit en draagvlak

Draagvlak voor zonne-projecten kan vergroot worden door de lokale omgeving mee te laten profiteren. Bijvoorbeeld door een energiecoöperatie deel te laten nemen in het project, of een project in de vorm van een postcoderoosregeling te realiseren. Bovendien is een goede landschappelijke inpassing wenselijk, bijvoorbeeld door het visueel afschermen van de zonneweide met hagen. Ook het dubbelgebruik van het grondgebied voor bijvoorbeeld het grazen van schapen of natuurlijke velden, kan mogelijk bijdragen aan een betere acceptatie. Lessen kunnen worden getrokken uit de ontwikkeling van het zonnepark aan de Haarweg.

No-regret-maatregelen

Omdat zonnepanelen niet op de dijk of buitendijks haalbaar zijn, zijn er geen no-regret-maatregelen te noemen die meegenomen moeten worden in het proces van de dijkversterking. Wanneer er gekozen wordt voor het uitvoeren van wegen en/of fietspaden met solar road-modules zal er een elektriciteitsaansluiting en -bekabeling gerealiseerd moeten worden op of nabij de dijk. Hierbij kan aangesloten worden op het bestaande middenspanningsnet, maar hier zijn in principe geen voorbereidende maatregelen voor nodig. Over een deel van de dijk, ook richting bebouwing in de Driehoek, lopen al (MS-)elektriciteitsleidingen waarop aangesloten kan worden.



In algemene zin is het wel verstandig om te onderzoeken of er op een efficiënte manier geanticipeerd kan worden op toekomstige netverzwaringen en -uitbereidingen. Vanuit het perspectief van verduurzaming (elektrificatie van de warmtevraag, toekomstige productie van zonnevelden grenzend aan de dijk, eventuele toekomstige buitendijkse ontwikkelingen in elektriciteitsproductie) en de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet, zijn toekomstige netverzwaringen of -uitbereidingen van de (laag- en middenspannings)leidingen op en om de dijk niet uit te sluiten.

3.5 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief

Tabel 3 geeft een overzicht van de mogelijkheden voor zonne-energie per kansrijk alternatief. De onderlinge verschillen tussen de kansrijke alternatieven zijn beperkt, het grootste verschil zit in de mogelijkheid om als innovatie een solar road toe te passen op de fietspaden van de steunberm in de Kansrijke Alternatieven 2 en 3.

Tabel 3 - Samenvattend overzicht van de mogelijkheden voor zonne-energie per kansrijk alternatief

	Alternatief Smalle Grebbedijk (KA1)	Alternatief Brede Grebbedijk (KA2)	Alternatief Integrale Grebbedijk (KA3)
Zonneweiden	Kans voor 59 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 131 MW.	Kans voor 58 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 125 MW.	Kans voor 59 MW in geschikte gebieden. Minder geschikte gebieden bieden kans tot maximaal 130 MW.
	Alleen binnendijkse potentie. De buitendijkse kant is onwenselijk in verband met kans op stijgend water en natuurgebied. Onderlinge verschillen zijn klein.		
Zon-PV op water	Weinig kansrijk vanwege Natura 2000-regelgeving en foerageergebied van beschermde diersoorten.		
Zon-PV op dijk	Op de dijkwand alleen wenselijk aan de binnendijkse kant, maar dit is het noorden, wat het onrendabel maakt. De buitendijkse kant is onwenselijk in verband met kans op stijgend water.		
Innovatie		Een getrapt profiel van de dijk maakt gescheiden infrastructuur mogelijk, er ligt een kans voor een solar road. Bijvoorbeeld in het fietspad (circa 750 MWh/jaar productie mogelijk).	Een getrapt profiel van de dijk maakt gescheiden infrastructuur mogelijk, er ligt een kans voor een solar road. Bijvoorbeeld in het fietspad (circa 165 MWh/jaar productie mogelijk).
No-regret-maatregel.	In principe geen, wel onderzoeken of het mogelijk is om op een efficiënte manier te anticiperen op mogelijke toekomstige netverzwaring of -uitbereiding op of om de dijk.		

4 Windenergie

Nederland is een dichtbevolkt land. Ruimte is schaars. Windturbines hebben invloed op de directe omgeving en kunnen daarom niet overal geplaatst worden. Bij het selecteren van locaties voor windmolens moet daarom rekening houden met andere functies van de ruimte zoals wonen, infrastructuur, transport, landschap en de natuur.

Rondom de Grebbedijk zijn een aantal gebieden waar windmolens geplaatst kunnen worden. Sommige locaties zijn kansrijker dan andere. Bepaalde locaties zijn uitgesloten vanwege wettelijke bepalingen. Zo mogen windmolens niet te dicht bij bebouwing geplaatst worden, moeten windmolens een bepaalde afstand houden van infrastructuur en moet rekening gehouden worden met de natuur. Daarnaast zijn er regels voor het plaatsen van windmolens in uiterwaarden en nabij dijklichamen.

Dit hoofdstuk beschrijft het potentieel voor windenergie rondom de Grebbedijk aan de hand van de wettelijke kaders voor het plaatsen van windmolens, het beleid van verschillende overheden, veiligheidsnormen en technische windturbine eigenschappen.

4.1 Wettelijke kaders en beleid

Provinciaal beleid

In het *Energieakkoord* zijn nationale doelstellingen voor windenergie vastgelegd. De partijen die dit akkoord hebben ondertekend, streven naar de realisatie van 6.000 MW aan opgesteld vermogen windenergie in 2020. Daarnaast is in het recent opgestelde Ontwerp Klimaatakkoord afgesproken dat er in regionale energiestrategieën plannen worden gemaakt voor de realisatie van 35 TWh aan grootschalig hernieuwbare elektriciteit op land in 2030. Voor de invulling hiervan zijn windturbines en zon-PV-systemen de belangrijkste kandidaten. Voor grootschalige windmolenparken van meer dan 100 MW heeft de Rijksoverheid gebieden aangewezen in de Structuurvisie Windenergie. In de provincies Utrecht en Gelderland liggen geen van deze locaties voor grootschalige windmolenparken.

In het Energieakkoord zijn ook provinciale doelstellingen voor windenergie gesteld. In 2020 moet in de provincie Gelderland 230,5 MW aan vermogen gerealiseerd worden en in de provincie Utrecht 56,6 MW. De provincie wijst hiervoor gebieden aan waar windturbines gebouwd mogen worden en is daarmee verantwoordelijk voor de ruimtelijke inpassing en de vergunningverlening van windparken van 5 tot 100 MW. Het gebied rondom de Grebbedijk is zowel in de structuurvisie van de provincie Utrecht als de Windvisie van Gelderland niet aangewezen als locatie voor windmolens.

Dit betekent niet dat in dit gebied geen windmolens gerealiseerd kunnen worden. De provincie Utrecht moedigt gemeenten zelfs aan om aanvullende locaties voor windenergie te vinden. De locaties moeten wel aan wet- en regelgeving voldoen. Daarnaast blijft voor de provincie Gelderland het uitgangspunt, zoals geformuleerd in de Omgevingsvisie, staan (Paragraaf 3.2.2), om locaties voor windturbines bij voorkeur te combineren met andere, intensieve functies in een gebied, zoals (hoofd)infrastructuur, regionale bedrijventerreinen en intensieve landbouwgebieden (o.a. glastuinbouw). Ook de provincie Utrecht wil haar doelstelling bij voorkeur bereiken door ruimte te bieden voor grootschalige windturbines op een beperkt aantal locaties.

Beide provincies geven dan ook geen voorkeur aan solitaire plaatsingen van windturbines. De provincie Gelderland wil de realisatie van solitaire windturbines niet tegenwerken, maar sluit solitaire windturbines uit in waardevolle open gebieden. Omdat het vermogen van een windmolen onder de 5 MW ligt, is de beoordeling of een solitaire windturbine ruimtelijk passend is aan de betreffende gemeente. Bij een windpark groter dan 5 MW ligt het bevoegd gezag bij de provincie.

De provincie Gelderland heeft de gebieden die uitgesloten, kansrijk en niet kansrijk zijn, geografisch weergegeven. Bepaalde gebieden zijn uitgesloten vanwege provinciale doelen of vanwege wet- en regelgeving omtrent veiligheid. Het gaat om gebieden met hoogspanningsleidingen; bebouwde kommen met uitzondering van bedrijventerreinen, laagvliegroutes, luchthavens, buisleidingen, spoorwegen en rijkswegen⁹. Daarnaast zijn er aandachtgebieden waar voor de realisatie van windmolens rekening gehouden moet worden met objecten in de buurt van het gebied zoals bijvoorbeeld buis- en hoogspanningsleidingen. In deze gebieden is het van belang tijdig de partijen te betrekken, die deze objecten beheren. De lichtgroene gebieden acht de provincie niet-kansrijk: dit zijn natuurgebieden (Natura 2000 en Gelders Natuurnetwerk). Hier mogen windmolens alleen onder strenge voorwaarden geplaatst worden, als het zeer beperkte gevolgen heeft voor de natuur. Voor de donker-groen gekleurde gebieden ziet de provincie op voorhand geen belemmeringen voor de realisatie van windmolens.

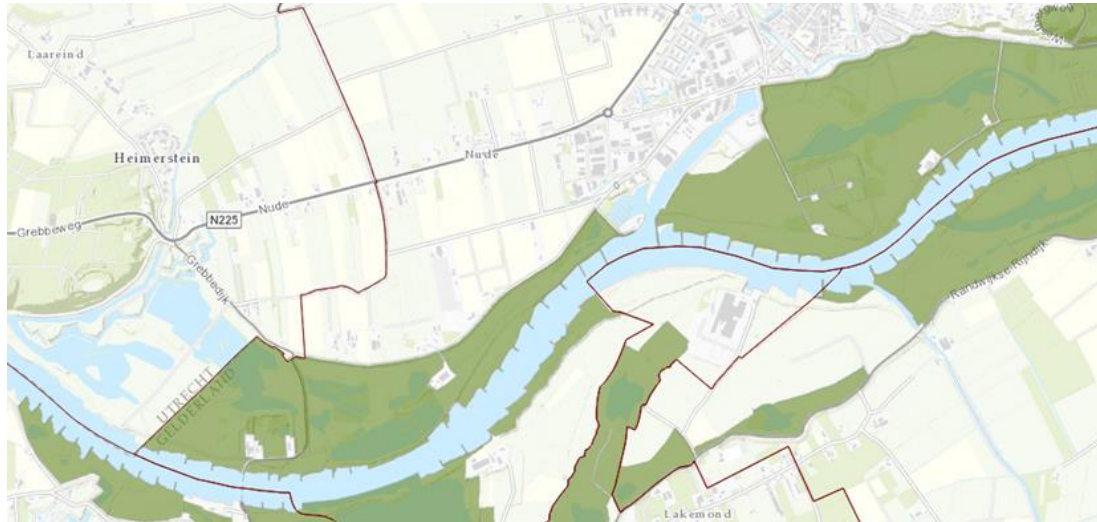
Figuur 14 - Overzicht windenergielocaties conform geconsolideerde omgevingsvisie Gelderland



Figuur 15 toont het Gelders Natuurnetwerk. In Gelders Natuurnetwerk mogen in principe geen windturbines geplaatst worden op twee uitzonderingen na. Als er groot maatschappelijk belang is en geen alternatieven, of als het als verkenningsgebied wind is aangewezen. Dit zijn zones langs Rijkswegen in het Gelders Natuurnetwerk (Artikel 2.7.1.1.3, omgevingsverordening provincie Gelderland). Deze verkenningsgebieden liggen echter niet binnen het plangebied. Wanneer windturbines geplaatst worden in het Gelders Natuurnetwerk moet er altijd mitigatie en compensatie van de effecten plaatsvinden.

⁹ Verderop in de rapportage hebben wij deze analyse ook uitgevoerd voor drie specifieke windturbines. Het kaartje uit de omgevingsvisie Gelderland moet slechts gezien worden als een indicatie.

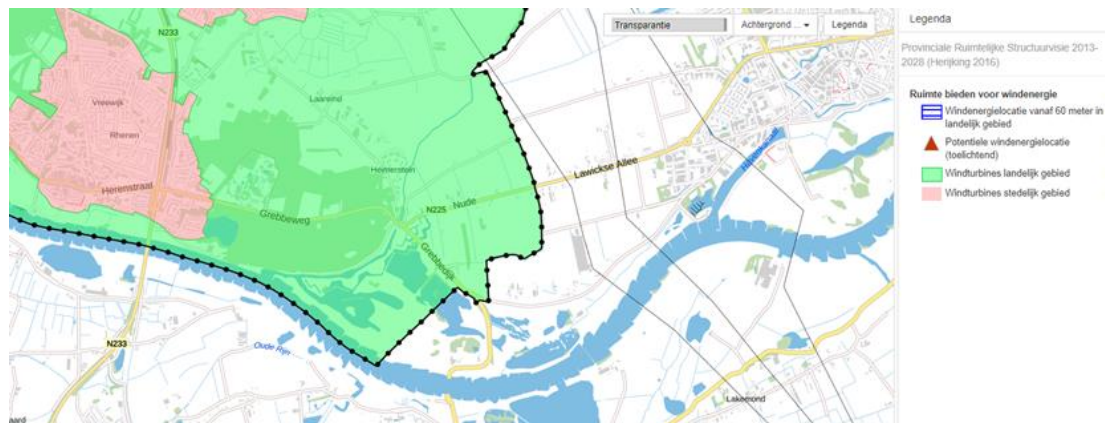
Figuur 15 - Gelders Natuurnetwerk in projectgebied rond Grebbedijk



Andere gebieden binnen het Gelders Natuurnetwerk kunnen in aanmerking komen, mits het niet om de meest kwetsbare natuur gaat (open vogelrijke gebieden) en de kernkwaliteiten van het gebied aanzienlijk versterkt worden. De Gedeputeerde Staten om aan Provinciale Staten kunnen besluiten de begrenzing van het gebied GNN waarbinnen windturbines onder voorwaarden mogelijk zijn, aan te passen. Hier is een wijziging van de Omgevingsvisie en -verordening voor nodig.

De provincie Utrecht faciliteert alleen grootschalige windturbines groter dan 60 meter en windturbines tot 20 meter. Dit komt er in feite op neer dat enkel grote windturbines (groot vermogen) en kleine windturbines (klein vermogen) gefaciliteerd worden. Windturbines tussen de 20 en 60 meter worden niet gefaciliteerd omdat het vermogen van deze windturbines beperkt is, terwijl de impact op de omgeving groot is. Windturbines tot 20 meter zijn onder voorwaarden toegestaan in het gehele landelijke gebied. Voor windturbines groter dan 60 meter zijn gebieden aangewezen. Daarnaast staat de provincie Utrecht ook open voor andere locaties waar geen wettelijke belemmeringen zijn. Tot slot vindt de provincie windturbines in stedelijk gebied toelaatbaar, in het bijzonder op bedrijventerreinen.

Figuur 16 - Windenergielocaties conform provinciale ruimtelijke structuurvisie 2013-2028 provincie Utrecht



Gemeentelijk beleid

De gemeente Wageningen heeft de ambitie om in 2030 klimaatneutraal te zijn. Met windenergie kunnen grote vermogens hernieuwbare energie gerealiseerd worden. Het huidige college staat open voor het plaatsen van windturbines om de doelstellingen Wageningen klimaatneutraal 2030 te behalen. Ook wordt in het proces met betrekking tot de regionale energiestrategie naar locaties voor windenergie in Regio Foodvalley gezocht, waaronder ook in de gemeente Wageningen. In het verleden is echter de realisatie van windturbines in de gemeente Wageningen lastig is gebleken, zo was een beoogde locatie bij het havengebied voor Rijkswaterstaat in 2014 niet acceptabel.

De gemeente Rhenen wil in 2040 energieneutraal zijn. Daarvoor gaan zij de komende jaren een routekaart Duurzaamheid opstellen (coalitieakkoord 2018-2022). Ook krijgen de gemeente de komende jaren te maken met opgaven vanuit het Klimaatakkoord en de regionale energiestrategieën om hernieuwbare energieproductie te realiseren.

In het bestemmingsplan 'Buitengebied' van Wageningen zijn windturbines niet mogelijk gemaakt, hiervoor is een aparte procedure nodig. In het bestemmingsplan 'Buitengebied Rhenen' zijn windturbines in 'Agrarisch' aangewezen gebied toegestaan tot een bouwhoogte van 6 meter, het gaat dus om zeer kleine windturbines.

Algemene belemmeringen windturbines

Windturbines mogen vanwege veiligheids- en leefbaarheidseisen niet op alle locaties gerealiseerd worden. Dit zijn harde eisen. Er gelden beperkingen in of nabij bebouwing (geluidsnormen, slagschaduw en veiligheid), infrastructuur (gasleidingen, hoogspanningslijnen, rijkswegen, waterwegen en spoorlijnen), luchtvaart (laag- en aanvliegeroutes, radarverstoring), natuur en cultuurhistorie.

De beperkingen voor gebouwen richten zich voornamelijk op woningen voor wat betreft geluidsnormen en slagschaduw, maar gelden ook voor andere geluidsgevoelige gebouwen (zoals onderwijsgebouwen, ziekenhuizen, verzorg- en verpleeghuizen en kinderdagverblijven) (RVO, 2016; RVO, 2016). De gehanteerde beperkingen die van toepassing zijn in het projectgebied zijn opgenomen in Bijlage B.

Natuurbescherming

Bij de bouw van windmolens moet rekening gehouden worden met natuurbelangen. Om in bepaalde gebieden, plant- en diersoorten te beschermen, is er zowel op Europees, landelijk en provinciaal niveau wet-, regelgeving en beleid. Zo zijn in de Wet natuurbescherming bepaalde natuurgebieden (Natura 2000) en plant- en diersoorten uit de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn beschermd. Daarnaast kunnen ook op provinciaal niveau in de ruimtelijke verordening natuurgebieden worden aangewezen.

In natuurgebieden mogen niet zondermeer windturbines gebouwd worden. Zo is het in principe verboden om windturbines te realiseren in Natura 2000-gebied. Windturbines kunnen een significant verstoring effect heeft op de bepaalde soorten, of habitats van de soorten, die in dat gebied leven. Alleen als dit geen significante effecten heeft op de beschermde plant- en diersoorten en de natuurlijke kenmerken van het gebied, verlenen de Gedeputeerde staten van de provincie een vergunning. Als het project van groot openbaar belang is en er geen alternatieven zijn, of compenserende maatregelen worden getroffen, kan hier een uitzondering op worden gemaakt. Voor het Natuurnetwerk Nederland gelden soortgelijke regels. Een nieuw project dat de natuur significant aantast mag niet worden toegestaan tenzij het een groot openbaar belang dien en er geen alternatieven zijn. Als het toegestaan is, is compensatie verplicht.

Winturbines hebben met name impact op vogels en vleermuizen en hun habitat. In het rapport 'Kwetsbare soorten voor energie-infrastructuur in Nederland' (WUR, 2018) zijn de effecten van windmolens beschreven. Vogels en vleermuizen kunnen in aanvaring komen met windmolens. Windturbines kunnen daarmee een negatief effect hebben op de instandhouding van populaties van vleermuizen en kwetsbare vogelsoorten. Maar ook schokgolven, geluid en licht kunnen negatieve effecten hebben op diersoorten. Daarnaast kunnen windturbines, zowel tijdens de gebruiksfase als tijdens de aanleg, leiden tot habitatverandering en -verlies. Windturbines kunnen in open landschappen en verstoring effect hebben op met name weidevogels. Zij wijken uit voor dergelijke hoog opgaande element in het open landschap dat hun broedhabitat vormt. Tot slot, kunnen ook andere diersoorten hinder ondervinden van winturbines. De grote modderkruiper (vis) is gevoelig voor het heien bij de realisatie van een windpark.

Voor windturbines gerealiseerd kunnen worden in een natuurgebied, zal eerst onderzoek gedaan moeten worden naar de impact op de natuur. De natuurgebieden zijn niet uitgesloten, maar het zijn niet de meest kansrijke gebieden voor het realiseren van windturbines, ook voor wat betreft draagvlak in de omgeving.

Windturbines in Natura 2000-gebied Rijntakken

In het projectgebied rondom de Grebbedijk zijn verschillende natuurgebieden aangewezen (die vallen onder o.a. Natura 2000-gebied Rijntakken, Natuurnetwerk Nederland (voorheen EHS) en het Gelders Natuurnetwerk) en zijn bepaalde plant- en diersoorten beschermd. In Bijlage A is een eerste inventarisatie gegeven van de beschermde diersoorten die leven in het projectgebied. In deze lijst staan verschillende diersoorten die hinder ondervinden van windturbines.

In 2011 is in opdracht van de gemeente Wageningen een verkennend onderzoek gedaan naar de effecten op natuur in zoekgebieden voor windenergie rondom Wageningen (Bureau Waardenburg, 2011). De conclusie van dit onderzoek is dat de effecten van een windpark op de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebied binnen het projectgebied in de Blauwe



Kamer het grootst is. Alleen met toestemming van de provincie liggen er kansen voor windturbines in de Driehoek en de Bovenste Polder, al geldt ook hier dat de instandhoudingsdoelen bedreigd worden. Zie ook onderstaand tekstkader en Bijlage A.3.

Effecten op natuur van een windpark in de natuur bij de Grebbedijk (Bureau Waardenburg, 2011)

In 2011 heeft Bureau Waardenburg de effecten op natuur van windturbines in gebieden rondom Wageningen onderzocht (Bureau Waardenburg, 2011). In Tabel 15 van Bijlage A.3 zijn de resultaten voor de onderzochte habitattypen, habitatsorten, broed en niet-broedvogels weergegeven die voorkomen in de natuurgebieden rondom de Grebbedijk. Dit overzicht is opgesteld voor een situatie waarin twee grote windturbines in deze gebieden gerealiseerd zouden worden. De onderzochte windturbines zijn vergelijkbaar met de grote windturbines (Enercon E-101) die in dit onderzoek voor de Grebbedijk zijn onderzocht.

Met name in de Blauwe Kamer zijn er mogelijk negatieve effecten op niet-broedvogels. Ook in de Driehoek en Bovenste Polder zijn er mogelijk negatieve effecten voor een aantal niet-broedvogels. De Driehoek en Bovenste Polder zijn niet afzonderlijk, maar als geheel bekeken. Op dit moment moet de Driehoek nog ontwikkeld worden tot natuurgebied. In alle gebieden zijn er mogelijk negatieve effecten voor de kwartelkoning, de grauwe gans en de meerkoet.

Ook blijkt uit deze studie dat voor alle drie natuurgebieden een mogelijk negatief effect op vleermuizen en mogelijk zeer groot negatief effect op de kernkwaliteiten van de ecologische hoofdstructuur (EHS, tegenwoordig Natuurnetwerk Nederland). Al deze gebieden worden vanuit natuuroogpunt niet als kansrijke gebieden aangemerkt. Het binnendijkse gebied is geen natuurgebied en wordt echter wel als kansrijk aangemerkt.

In de Driehoek en de Plasserwaard is in het kader van het Grebbedijk project onderzocht of het heringericht kan worden om bij te dragen aan de instandhoudingsdoelstellingen van zowel de kwartelkoning als het porseleinhoen. Deze gebieden zijn wel aangewezen als Natura 2000-gebieden, maar moeten nog ontwikkeld worden tot natuurgebied. In verband hiermee is het volgende citaat uit het rapport van Bureau Waardenburg relevant: "Effecten van een klein windpark (2-5 turbines) ... voor kwartelkoning zijn (zeer grote) negatieve effecten niet uit te sluiten. Deze soort is verstoring gevoeliger dan voornoemde soorten en kan in het donker ook over grotere afstanden rondvliegen (meer risicovolle vlieg-bewegingen)". Ook andere studies kenmerken de kwartelkoning als licht verstoring gevoelig voor windturbines, waarbij een verstoringafstand van 300 meter in de literatuur wordt genoemd (Alterra, 2008). In een recente studie (WUR, 2018) wordt verwezen naar de minimale afstand van 500 meter van windturbines tot regelmatige broedplaatsen van de kwartelkoning. Hiermee gaat de ontwikkeling van broedgebieden voor de kwartelkoning niet goed samen met de ontwikkeling van windturbines. Het vergt echter planspecifiek onderzoek op de locaties voor een specifieke windturbine, om de daadwerkelijke verstoring en effecten op de habitats en diersoorten vast te stellen. De effecten kunnen namelijk verschillen voor bijvoorbeeld een andere ashoogte in relatie met de vlieghoogte van de vogels in de omgeving, een andere opstelling van windturbines, de exacte locatie en de bedrijfsvoering van de turbines (mogelijkheid om deze stil te zetten) (Alterra, 2008). Naast verstoring, kunnen er ook slachtoffers vallen onder vogels doordat ze in aanvaring komen met windturbines. Bij windturbines met een toenemende rotordiameter en meer rotorbladen stijgt de mathematische kans op een aanvaring met vogels (Alterra, 2008). De draaisnelheid aan de punten is dan echter wel weer kleiner en ook is de onderlinge afstand tussen turbines groter, waardoor het totale rotoroppervlak in het gebied bij een grotere windturbines niet groter hoeft te zijn (Alterra, 2008). Het is in algemene zin niet duidelijk of windturbines met een groter vermogen, meer slachtoffers vergen dan windturbines met een kleiner vermogen (Alterra, 2008).



Plaatsen van windturbines in uiterwaarden

De uiterwaarden hebben een belangrijke waterbergende functie bij hoogwater. Daarom geldt er voor het bouwen in de uiterwaarden is specifieke wet- en regelgeving. De uiterwaarden zijn onderdeel van het rivierbed. Voor het bouwen in het rivierbed is een watervergunning nodig (Waterwet artikel 6.5, Waterbesluit artikel 2.12 lid 1). De beleidsregels grote rivieren vormen het afwegingskader voor het toekennen van de vergunning. Artikel 6 van deze beleidsregels bepaalt dat uiterwaarden als locatie voor windturbines alleen in aanmerking komen als de windturbines bijdragen aan verduurzaming van bestaande activiteiten in het rivierbed (zoals mogelijk de activiteiten in het havengebied, zie ook Hoofdstuk 7), of als windturbines niet redelijkerwijs buiten het rivierbed gerealiseerd kunnen worden.

- “Artikel 6. Niet-riviergebonden activiteiten stroomvoerend regime;
- Voor niet-riviergebonden activiteiten in het gedeelte van het rivierbed waarop het stroomvoerend regime van toepassing is, wordt geen toestemming gegeven, tenzij, onverminderd het bepaalde in artikel 7, sprake is van:
 - ...
 - c. verduurzaming van de energievoorziening van bestaande activiteiten in het rivierbed;
 - d. opwekking van zonne- of windenergie en de activiteit niet redelijkerwijs buiten het rivierbed kan worden gerealiseerd; of
 - ...”

Toestemming wordt alleen gegeven als veilig functioneren van het waterstaatswerk geborgd blijft, de turbine geen belemmering is voor het vergroten van de afvoercapaciteit en het effect op waterstandsverhoging of de afname van het bergend vermogen zo klein mogelijk is. Naast de voorwaarden voor het bouwen in uiterwaarden kan de toegankelijkheid van windturbines bij hoogwater een aandachtspunt zijn. De windturbine moet toegankelijk zijn om gebreken te herstellen. Daarnaast moet een windturbine ten minste eenmaal per kalenderjaar beoordeeld worden op de noodzakelijke beveiliging, onderhoud en reparaties (Activiteitenbesluit, artikel 3.14 eerste lid).

Er zijn dus duidelijke randvoorwaarden voor het plaatsen van windturbines in de uiterwaarden. Nader onderzoek op locatie en overleg met Rijkswaterstaat is noodzakelijk om de kansen vast te stellen.

Windturbines op en nabij waterkeringen

De Grebbedijk is een primaire kering (waterland). Waterschap Vallei en Veluwe is beheerder van de Grebbedijk. Het Waterschap is verantwoordelijk dat hun primaire waterkering voldoet aan de veiligheidseisen die de Waterwet stelt. Waterschappen kunnen daarom terughoudend zijn met het plaatsen van windturbines op en nabij waterkeringen.

Waterkeringen en nabijgelegen gebieden kunnen wel aantrekkelijk zijn voor windturbines, met name aan de kust. Daar zijn de windsnelheden relatief hoog, er zijn vaak minder omwonenden en windturbines passen relatief goed in het landschap. Er zijn echter wel bovengrondse risico's, zoals blad- en mastbreuk, en ondergrondse risico's. Windturbines veroorzaken trillingen wat kan leiden tot verweking van de bodem. Daarnaast wordt het dijklichaam belast door de aanleg, het onderhoud en demontage van de windturbine.

In de keur, een verordening uitgevaardigd door het waterschap, staan regels die een waterschap hanteert bij de bescherming van onder andere waterkeringen, watergangen en bijbehorende kunstwerken. In de keur van Waterschap Vallei en Veluwe staan beleidsregels voor onder meer bouwwerken in, op en nabij een waterkering, maar ook voor kabels en bijvoorbeeld grondroeringen. Om te mogen bouwen op of nabij de waterkering is een watervergunning nodig. Het waterschap maakt een afweging of ze de vergunning uitgeven. De criteria die ze hierbij hanteren staan in de keur. Het belangrijkste uitgangspunt is dat de waterkerende functie en het onderhoud van de waterkering niet belemmerd mogen worden.

Conclusie

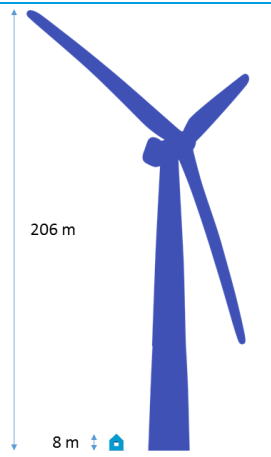
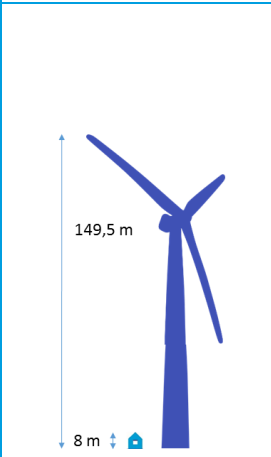

Op basis van beleid, wet- en regelgeving kan gesteld worden dat het gebied ten noorden van de Grebbedijk, op afstand van de bebouwde kom van Wageningen, het meest kansrijk voor de ontwikkeling van windmolens. De uiterwaarden zijn minder kansrijk. Enerzijds komt dit doordat de uiterwaarden grotendeels natuurgebieden zijn (Natura 2000, Gelders Natuurnetwerk). Voor windturbines geplaatst mogen worden moet eerst het effect op de natuur onderzocht worden. Alleen als dit effect niet significant is, kunnen windmolens gerealiseerd worden. Daarnaast worden windmolens in de uiterwaarden alleen toegestaan als de windturbines bijdragen aan verduurzaming van activiteiten van bijvoorbeeld bedrijven in de uiterwaarden of als windturbines niet buiten de uiterwaarden gerealiseerd kunnen worden. Dit laatste lijkt in de gemeente Wageningen niet het geval, er is wel degelijk potentieel buiten de uiterwaarden. Wel zijn er diverse bedrijven in de het havengebied in de uiterwaarden. De windturbines zouden kunnen bijdragen aan het verduurzamen van de activiteiten van deze bedrijven, in Hoofdstuk 7 is een windturbine in de nabijheid van de haven in de context geplaatst van een energieneutrale haven. Dit kan een aanknopingspunt zijn om windenergie in de uiterwaarden mogelijk te maken. Enkele delen van het projectgebied volledig uitgesloten, dit is onder andere de bebouwde kom en het gebied daaromheen.

4.2 Potentie

De kansen voor windenergie rondom de Grebbedijk hangen af van het type windturbine dat geplaatst wordt. Voor grote windturbines gelden grotere geluids- en veiligheidsafstanden, bovendien moeten deze windturbines een grotere onderlinge afstand hebben dan kleinere windturbines. Daar staat tegenover dat kleinere windturbines ook aanzienlijk minder elektriciteit produceren. In Tabel 4 tonen we de eigenschappen van drie soorten windturbines waarvoor wij een gebiedsanalyse hebben uitgevoerd. Door het potentieel van verschillende groottes van windturbines in kaart te brengen ontstaat een goed beeld van de (bandbreedte aan) kansen voor windenergie in het plangebied.

De windsnelheid op de projectlocatie is beperkt (tussen de 6 en 7 m/s op 100 meter hoogte), dit is sterk bepalend voor de jaarproductie, waarvan wij nadrukkelijk alleen een ruwe inschatting hebben gemaakt.

Tabel 4 - Eigenschappen van de drie onderzochte windturbine types

Categorie	Zeer grote windturbine	Grote windturbine	Middelgrote windturbine
Type	Vestas V162	Enercon E-101	WES 250
Vermogen max.	5.600 kW	3.050 kW	250 kW
Jaarproductie (schatting)	18.000 MWh/jaar ¹⁰	7.850 MWh/jaar ¹¹	260 MWh/jaar ¹²
Ashoogte	125 m	99 m	39 m
Rotordiameter	162 m	101 m	30 m
Illustratie (ééngezinswoning in vergelijking met de tiphoogte per type windturbine)			
Referenties	Data: (Vestas, 2019)	Data: (Enercon, 2019)	Data: (WES, 2019)

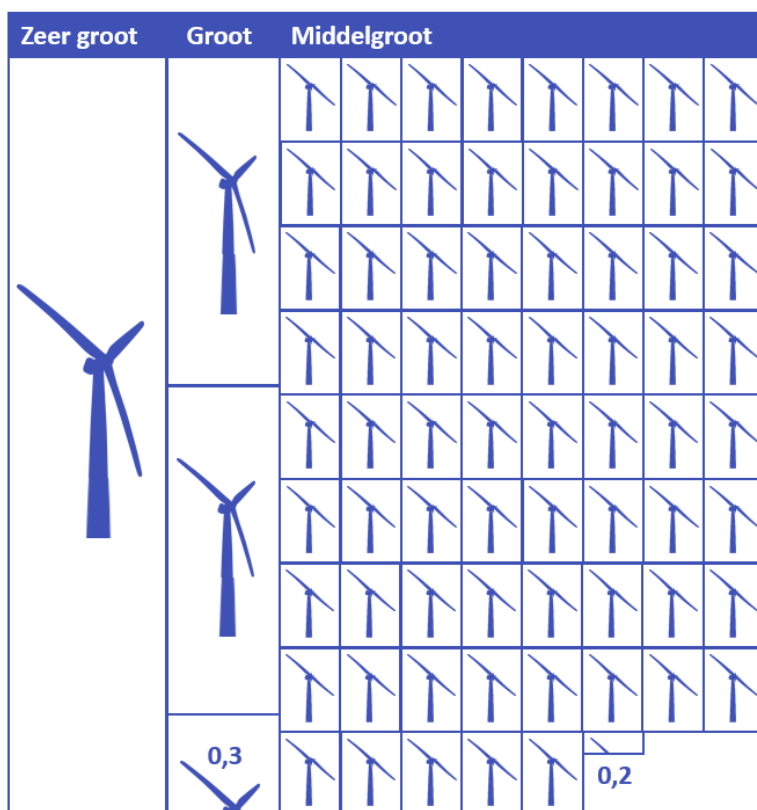
Een grotere windturbine produceert per stuk meer elektriciteit dan een kleiner exemplaar. Zo produceert een zeer grote windturbines ongeveer 2,3 keer zoveel elektriciteit als een grote windturbine en ongeveer 69,2 keer zo veel als een middelgrote windturbine. Dat is in Figuur 17 schematisch geïllustreerd.

¹⁰ Schatting op basis van de annual energy production (AEP) curve volgens de fabrikant, en de gemiddelde windsnelheid ter plaatste op ashoogte o.b.v. KNMI-data, rekening houdend met een verliesfactor van 10%.

¹¹ Geschat door de powercurve van de turbine (Enercon, 2019) te vermenigvuldigen met het windsnelheidsprofiel dat eerder door Bosch & Van Rijn (Bosch & Van Rijn, 2014) is bepaald, rekening houdend met een verliesfactor van 10%. De jaaropbrengst is een gemiddelde indicatie, jaarlijks zal de opbrengst variëren afhankelijk van de weersomstandigheden.

¹² Schatting op basis van vermenigvuldiging van de powercurve van de fabrikant met de KNMI-windsnelheidsverdeling ter plaatste op de ashoogte, rekening houdend met een verliesfactor van 10%.

Figuur 17 - Illustratie van hoe de verschillende types windturbines zich tot elkaar verhouden in termen van elektriciteitsproductie



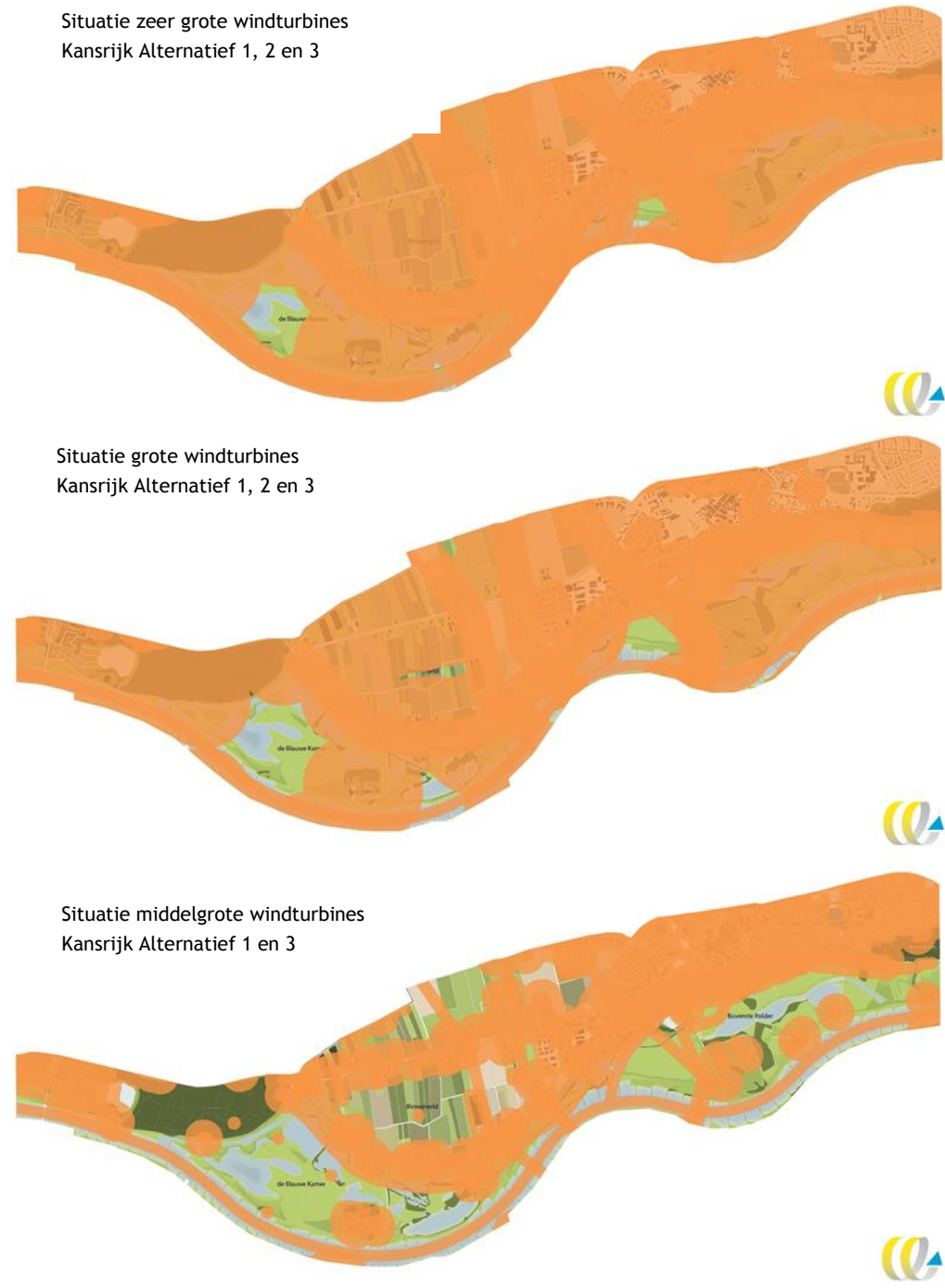
Methode

Om het potentieel voor windturbines te bepalen, zijn in een geografische analyse uitsluitingsgebieden in beeld gebracht. Deze uitsluitingsgebieden komen voor het merendeel voort uit veiligheidsafstanden ten opzichte van gevoelige objecten, hierbij hebben we de regels van het Handboek Risicozonering Windturbines (DNV GL, 2014) gehanteerd, zie voor meer details Bijlage B. De veiligheidsafstanden zijn afhankelijk van de afmetingen van de windturbine en verschillen dus voor de drie verschillende windturbines. De kaartjes in Figuur 18 tonen deze verschillen.

Figuur 18 - Uitsluitingsgebieden vanwege veiligheid en geluid, zeer grote (boven), grote (midden) en middelgrote (onder, Kansrijk Alternatief 1 en 3 gevolgd door Kansrijk Alternatief 2) windturbines

Legenda

Buffers veiligheid en geluid





Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

Naast veiligheids- en geluidsafstanden zijn er gebiedsbeperkingen vanwege natuur (Figuur 2 in Hoofdstuk 2) of cultuurhistorische waarden (Figuur 3 in Hoofdstuk 2). Deze hoeven niet per se tot uitsluitingen te leiden, maar zijn op zijn minst aandachtsgebieden.

Door alle uitsluitings- en beperkingsgebieden op één kaart weer te geven ontstaat een beeld van gebieden die niet uitgesloten worden vanwege veiligheid of overige beperkingen. Dit zijn potentiële locaties voor windturbines. Aanvullend locatie-onderzoek moet uitwijzen wat de precieze mogelijkheden zijn voor welk type windturbine op deze potentiële locaties (zie kadertekst). De gehanteerde methode geeft een uitdrukkelijk alleen eerste indicatie van de kansen.

Eerste indicatie

De analyse uitgevoerd in dit rapport geeft een eerste indicatie van de kansen voor windenergie in het projectgebied. Voor de kansen voor een windturbine op een specifieke locatie, moet nader locatieonderzoek worden gedaan, onder andere:

- natuurtoets;
- onderzoek naar geluid;
- onderzoek naar radarverstoring;
- onderzoek naar lokale windomstandigheden;
- veiligheidsonderzoek (risicozonering).

Daarnaast kunnen zaken als archeologisch onderzoek, voorwaarden voor landschappelijke inpassing (lijnopstelling, solitaire windturbines, cultuurhistorische inpassing, etc.) en onderzoek naar draagvlak een rol spelen.

Om tot een indicatie van het opwekpotentieel te komen, zijn de potentieel gebieden opgevuld met windturbines waarbij als kental een onderlinge afstand van vijfmaal de rotor-diameter is gehanteerd. Deze analyse is uitgevoerd voor de zeer grote, grote en middelgrote windturbine. We maken hierbij onderscheid tussen het potentieel met gebiedsbeperkingen en zonder gebiedsbeperkingen. Dat wil zeggen dat we in het eerste geval alleen de uitsluitingen vanwege veiligheid en geluid meenemen, en in het tweede geval ook veronderstellen dat gebiedsbeperkingen vanwege natuur en cultuurhistorische waarden tot uitsluiting van windturbines leidt.

Van de Natura 2000-gebieden hebben we de Blauwe Kamer en de Bovenste Polder uitgesloten in de kaartbeelden, omdat windturbines in deze gebieden weinig kansrijk zijn. Dit zijn al volledig ontwikkelde natuurgebieden waar diersoorten leven, en dan met name vogels, die verstoord worden door de aanwezigheid van windturbines. Zie hiervoor ook Paragraaf 4.1. De Driehoek bij de haven is ook Natura 2000-gebied, maar moet nog ontwikkeld worden. De kansen voor windturbines zijn groter als er natuur wordt ontwikkeld dat aantrekkelijk is voor diersoorten die niet verstoord worden door windturbines. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de onderzochte ontwikkeling van natuur voor broedplaatsen van de kwartelkoning, niet goed samen gaat met de ontwikkeling van windturbines in hetzelfde gebied. Hoewel in het algemeen windturbines in Natura 2000-gebieden in de eerste instantie niet voor de hand liggen, is het ook niet helemaal uitgesloten, daarom is dit onderscheid gemaakt.

Voor de zeer grote en de grote windturbine zijn de resultaten hetzelfde voor alle kansrijke alternatieven van de Grebbedijk. De resultaten van de analyse zijn weergegeven in de kaart en de tabel van Figuur 19 en Figuur 20. Windturbines zijn aangegeven met een kruisje en een blauwe cirkel, de cirkels illustreren de minimale onderlinge afstand tussen windturbines. De posities zijn indicatief en enkel ingetekend om een uitspraak te kunnen doen over het theoretisch aantal windturbines dat geplaatst kan worden. De kleur van de markering van de turbine geeft eventuele beperkingen van de locatie aan: geen beperking (groen), door cultuurhistorisch beperkt gebied (paars) en door natuur beperkt gebied (rood).

Het opwekpotentieel voor de middelgrote windturbines verschilt enigszins per kansrijk alternatief. Dit komt omdat in de driehoek bij de haven in een aantal alternatieven een waterplas de beschikbare ruimte inperkt. We hebben geprobeerd potentieellocaties zo optimaal mogelijk in te vullen met de middelgrote windturbines, in de praktijk kan deze positionering vanwege ruimtelijke of locatiespecifieke aspecten niet wenselijk zijn. De locaties zijn alleen ter illustratie van het theoretisch aantal windturbines. In de volgende paragrafen bespreken we kort het opwekpotentieel per type windturbine en per kansrijk alternatief.

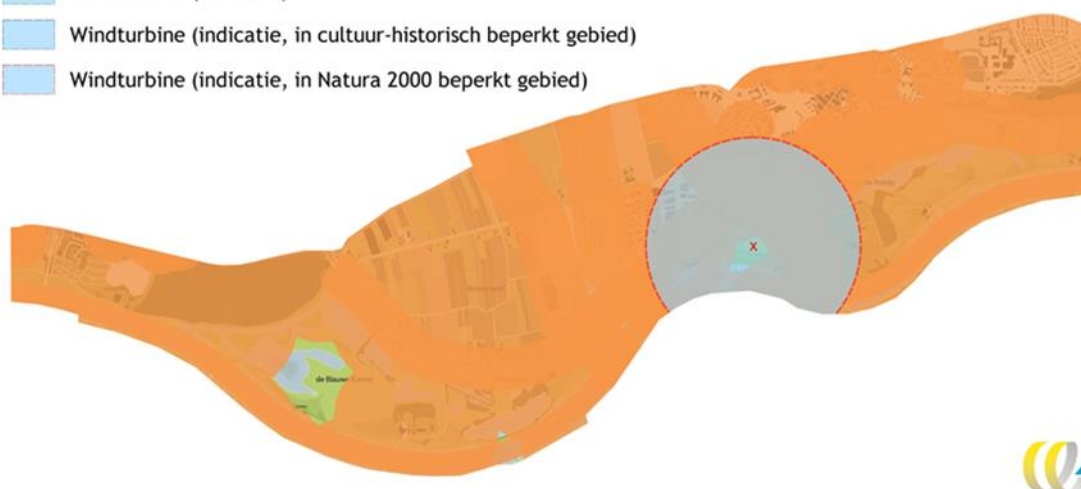
4.2.1 Zeer grote windturbines

In het gebied kan mogelijk één zeer grote windturbine gerealiseerd worden in de Driehoek bij de haven. Dit is Natura 2000-gebied. Voor deze turbine moet nader onderzoek voor de specifieke locatie worden gedaan, om te bezien of een windturbine binnen de genoemde beperkingen, al dan niet met aanvullende maatregelen, gerealiseerd kan worden.

Figuur 19 - Indicatie van het maximum potentieel voor zeer grote windturbines voor alle kansrijke alternatieven

Legenda

- Buffers veiligheid en geluid
- Windturbine (indicatie)
- Windturbine (indicatie, in cultuur-historisch beperkt gebied)
- Windturbine (indicatie, in Natura 2000 beperkt gebied)



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).





Situatie	Potentieel aantal grote windturbines	Potentieel vermogen (MW)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Locaties zonder gebiedsbeperkingen (waarvan in het havengebied)			
Locaties beperkt door cultuurhistorie			
Locaties beperkt door Natuur (waarvan in het havengebied)	1 (1)	5,6 (5,6)	18 (18)

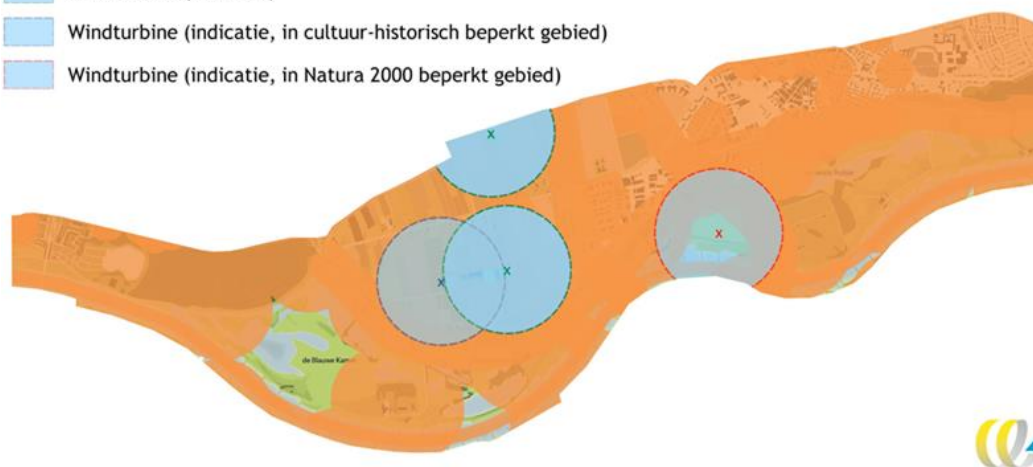
4.2.2 Grote windturbines

In het gebied kunnen twee tot vier grote windturbines gerealiseerd worden op de potentieel locaties. Voor twee turbines moet nader onderzoek voor de specifieke locatie worden gedaan, om te beziën of een windturbine binnen de genoemde beperkingen, al dan niet met aanvullende maatregelen, gerealiseerd kan worden.

Figuur 20 - Indicatie van het maximum potentieel voor grote windturbines voor alle kansrijke alternatieven

Legenda

-  Buffers veiligheid en geluid
-  Windturbine (indicatie)
-  Windturbine (indicatie, in cultuur-historisch beperkt gebied)
-  Windturbine (indicatie, in Natura 2000 beperkt gebied)



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).





Situatie	Potentieel aantal grote windturbines	Potentieel vermogen (MW)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Locaties zonder gebiedsbeperkingen <i>(waarvan in het havengebied)</i>	2 <i>(0)</i>	6,1 <i>(0)</i>	15,7 <i>(0)</i>
Locaties beperkt door cultuurhistorie	1	3,0	7,9
Locaties beperkt door Natuur <i>(waarvan in het havengebied)</i>	1 <i>(1)</i>	3,0 <i>(3,0)</i>	7,9 <i>(7,9)</i>

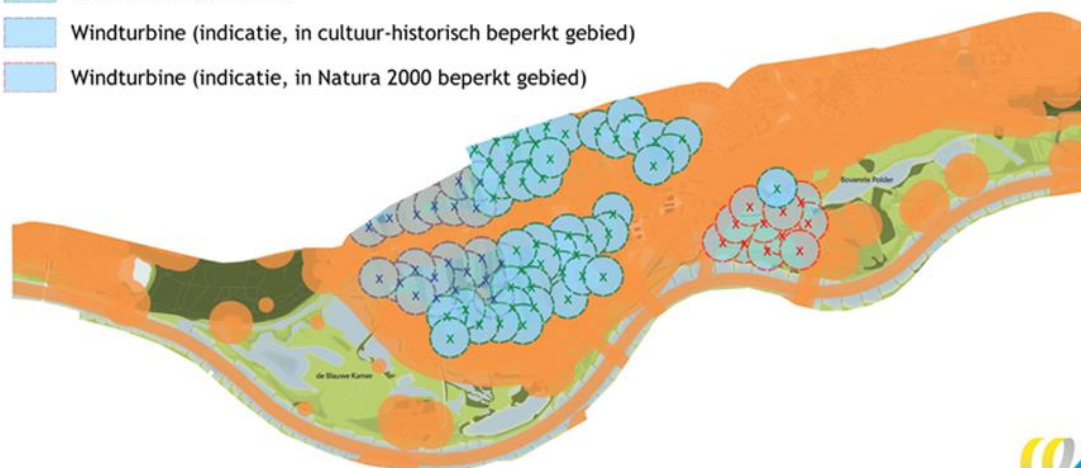
4.2.3 Middelgrote windturbines: kansrijk alternatief ‘smalle Grebbedijk’

Dit alternatief biedt de meeste ruimte voor de middelgrote windturbine. Er kunnen er in een extreem geval maximaal 79 turbines geplaatst worden, indien windturbines in de beperkingsgebieden niet mogelijk blijken daalt dit aantal tot 47 turbines.

Figuur 21 - Indicatie van het maximum potentieel voor middelgrote windturbines voor KA1

Legenda

-  Buffers veiligheid en geluid
-  Windturbine (indicatie)
-  Windturbine (indicatie, in cultuur-historisch beperkt gebied)
-  Windturbine (indicatie, in Natura 2000 beperkt gebied)



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Potentieel aantal grote windturbines	Potentieel vermogen (MW)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Locaties zonder gebiedsbeperkingen <i>(waarvan in het havengebied)</i>	47 <i>(1)</i>	11,75 <i>(0,25)</i>	12,22 <i>(0,26)</i>
Locaties beperkt door cultuurhistorie	21	5,25	5,46
Locaties beperkt door Natuur <i>(waarvan in het havengebied)</i>	11 <i>(11)</i>	2,75 <i>(2,75)</i>	2,86 <i>(2,86)</i>

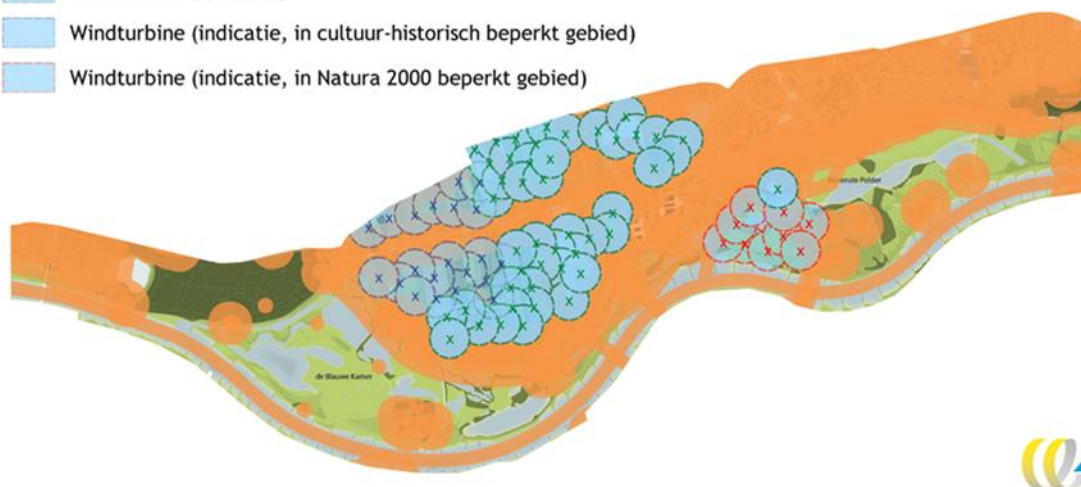
4.2.4 Middelgrote windturbines: kansrijk alternatief ‘brede Grebbedijk’

Dit alternatief biedt minder ruimte voor de middelgrote windturbine, doordat er in de Driehoek bij de haven een waterplas wordt gerealiseerd. Er kunnen in een extreem geval maximaal 76 turbines geplaatst worden, indien windturbines in de beperkingsgebieden niet mogelijk blijken daalt dit aantal tot 46 turbines.

Figuur 22 - Indicatie van het maximum potentieel voor middelgrote windturbines voor KA2

Legenda

- Buffers veiligheid en geluid
- Windturbine (indicatie)
- Windturbine (indicatie, in cultuur-historisch beperkt gebied)
- Windturbine (indicatie, in Natura 2000 beperkt gebied)



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Potentieel aantal grote windturbines	Potentieel vermogen (MW)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Locaties zonder gebiedsbeperkingen <i>(waarvan in zoekgebied Rijnhaven)</i>	46 <i>(1)</i>	11,50 <i>(0,25)</i>	11,96 <i>(0,26)</i>
Locaties beperkt door cultuurhistorie	21	5,25	5,46
Locaties beperkt door Natuur <i>(waarvan in zoekgebied Rijnhaven)</i>	9 <i>(9)</i>	2,25 <i>(2,25)</i>	2,34 <i>(2,34)</i>

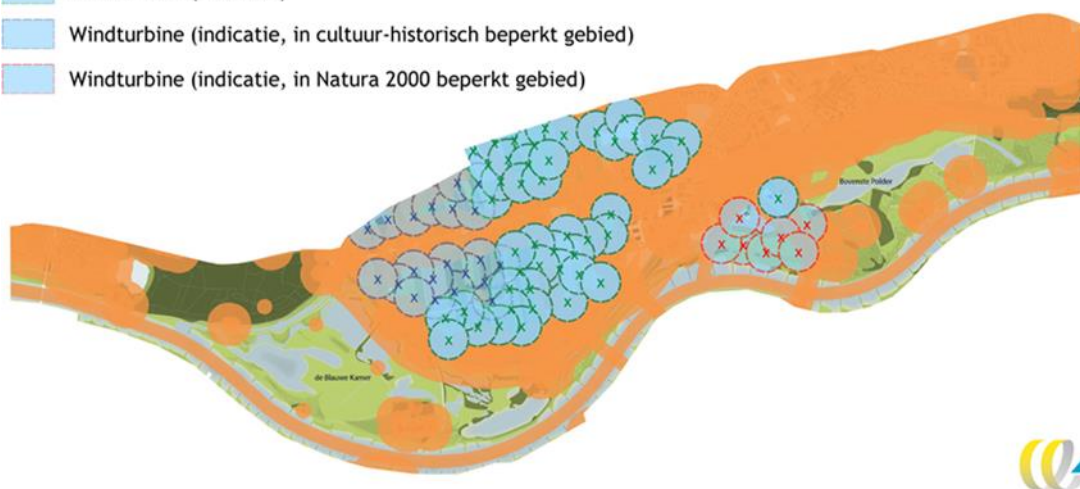
4.2.5 Middelgrote windturbines: kansrijk alternatief ‘integrale Grebbedijk’

Dit alternatief biedt ook veel ruimte voor de middelgrote windturbine. Er kunnen er in een extreem geval maximaal 75 turbines geplaatst worden, indien windturbines in de beperkingsgebieden niet mogelijk blijken daalt dit aantal tot 47 turbines.

Figuur 23 - Indicatie van het maximum potentieel voor middelgrote windturbines voor KA3

Legenda

- Buffers veiligheid en geluid
- Windturbine (indicatie)
- Windturbine (indicatie, in cultuur-historisch beperkt gebied)
- Windturbine (indicatie, in Natura 2000 beperkt gebied)



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

Situatie	Potentieel aantal grote windturbines	Potentieel vermogen (MW)	Verwachte jaarproductie (GWh/jaar)
Locaties zonder gebiedsbeperkingen <i>(waarvan in zoekgebied Rijnhaven)</i>	47 <i>(1)</i>	11,75 <i>(0,25)</i>	12,22 <i>(0,26)</i>
Locaties beperkt door cultuurhistorie	21	5,25	5,46
Locaties beperkt door Natuur <i>(waarvan in zoekgebied Rijnhaven)</i>	7 <i>(7)</i>	1,75 <i>(1,75)</i>	1,82 <i>(1,82)</i>

4.3 Innovatieve opties

Naast de gebruikelijk turbines met rotorbladen die roteren in het verticale vlak (horizontale as), zijn er innovatieve alternatieven. Zoals windturbines die roteren in het horizontale vlak (verticale as), windturbines zonder rotorbladen ('windpalen') en omgevingsvriendelijke concepten, zoals een windboom. Deze voorbeelden zijn in Tabel 5 geïllustreerd.

Tabel 5 - Overzicht en eigenschappen potentiële innovatieve opties voor windenergie

Categorie	Verticale as-turbines	Windpaal	Windboom
Type	4navitas Vertical Axis Wind Turbine	Vortex Tacoma	New World Wind - Wind Tree
Status	Commercieel	Demonstratiefase	Commercieel
Vermogen max.	65 kW	0,1 kW	0,5-5,4 kW
Jaarproductie (schatting)	Enkele tientallen MWh	Enkele tientallen tot een paar honderd kWh, mits geplaatst op de dijk	Enkele honderden tot een paar duizend kWh
Hoogte (tip)	37 m	2,75 m	9,80 m
Diameter	14 m	N/A	7,80 m
Impact natuur	Matig	Klein	Klein
Impact omgeving	Groot	Matig	Klein
Referenties	Data: (4navitas, 2019)	Data: (Vortex Bladeless, 2019)	Data: (NewWorldWind, 2019)

Voor deze alternatieven geldt in de regel dat ze voordelen bieden voor wat betreft ruimtelijke inpassing: de reguliere geluids- en veiligheidseisen die gelden voor windturbines zijn niet beperkend meer. Zo zijn de veiligheidsafstanden kleiner bij windpalen door het ontbreken van wieken en past een windboom visueel goed in het landschap. De keerzijde van deze alternatieven is dat de elektriciteitsproductie aanzienlijk minder is dan een standaard (grote) windturbine en daarmee komt ook de kosteneffectiviteit in het gedrang. Voor de eventuele plaatsing van deze windturbines op de dijk, zal nader onderzocht moeten worden in hoeverre deze opties door trillingen, erosie of fundering de sterkte van de dijk beïnvloeden.

Naast innovatieve windturbines wordt er ook voortdurend gewerkt aan ontwikkelingen op het gebied van geluidsarme turbinebladen van conventionele windturbines. Specifiek locatie-onderzoek van verschillende ontwerpen kan uitwijzen of dit leidt tot een reductie van de vuistregel geluidsafstand ten op zichte van woningen, die nu in de analyse verondersteld is. Als dit het geval is, kan er meer ruimte ontstaan voor windturbines. Ook zijn er mogelijkheden om vogeldetectie gecombineerd met een stilstandsregeling toe te passen op windturbines, zodat de turbine stil wordt gezet wanneer een vogel in de buurt komt.

4.4 Effectiviteit en no-regret-maatregelen

Effectiviteit en de businesscase

Zowel op zee als op land worden windturbines steeds groter en hoger. Op grotere hoogte is de windsnelheid hoger en kan er meer elektriciteit opgewekt worden. Een soortgelijke redenatie geldt voor de rotordiameter; hoe groter deze diameter hoe meer elektriciteit er geproduceerd kan worden. Naast de windsnelheid is ook de windrichting van belang; windturbines worden zo geplaatst dat de overheersende windrichting niet belemmerd wordt. Dit heeft gevolgen voor hoe windturbines achter elkaar gepositioneerd worden en de onderlinge afstand. De hoeveelheid elektriciteit die geproduceerd kan worden met de turbine is één van de belangrijkste parameters voor de businesscase van windturbines.

Voor een rendabele businesscase zijn er twee subsidiemogelijkheden:

1. De SDE+-subsidie voor grote productie-installaties, waarbij de onrendabele top tussen productiekosten en de marktprijs voor elektriciteit (tot op zekere hoogte) met subsidie gecompenseerd wordt.
2. De postcoderoosregeling, waarbij inwoners uit de omliggende postcodegebieden gezamenlijk investeren in een zonneveld of windturbine en via hun energierekening belastingkorting krijgen.

Net als bij zonne-energie vormen de kosten van een netaansluiting een belangrijke kostenposten. Het combineren van bijvoorbeeld wind- en zonne-energie of een grootverbruiker en een windturbine op één aansluiting, kan ook hier bijdragen aan een betere businesscase. Ook kan het in sommige gevallen voordelig zijn om de piekproductie op een windrijke dag te reduceren door de windturbine af te schakelen, om zo binnen de gecontracteerde capaciteit van de aansluiting te blijven. Een innovatief alternatief hiervoor kan energieopslag of -conversie zijn, bijvoorbeeld elektriciteitsopslag in een accu of de conversie naar warmte (bijvoorbeeld voor warmtelevering aan glastuinbouw of industrie die tegelijkertijd een gasgestookte installatie kan afschakelen).

De kosten voor een netaansluiting kan per netbeheerder (en per jaar) verschillen. Dit hangt ook samen met een goede locatiekeuze, waarbij de afstand tot het onderstation (voor projecten > 2 MVA, dus voor de (zeer) grote windturbines) of het MS-net (voor de middelgrote windturbine) zo klein mogelijk is. Deze vrijheidsgraden zijn voor windturbines echter beperkender dan voor zonneparken. Zie Paragraaf 1.1 voor meer details over capaciteit en aansluitkosten van productie-installaties in het projectgebied.

Voor kleinere windturbines liggen de investeringskosten per kW lager dan voor grotere windturbines, maar doordat de elektriciteitsproductie ook lager ligt, zijn de productiekosten per kWh in zijn algemeenheid hoger. De productiekosten per kWh zijn echter een belangrijke parameter voor het verkrijgen van SDE+-subsidie, hoe lager de productiekosten, hoe groter de kans op subsidie¹³.

¹³ Op basis van ECN, 2017.

Effectiviteit en draagvlak

Windturbines op land liggen in de directe omgeving vaak heel gevoelig. Naast horizonvervuiling, vrezen omwonenden voor geluids- en slagschaduw hinder, nadelige gevolgen op natuur en de gevolgen van dit alles op de woningwaarde. Het draagvlak kan vergroot worden door de lokale omgeving mee te laten profiteren. Bijvoorbeeld door een energie-coöperatie deel te laten nemen in het project, of een project in de vorm van een postcode-roosregeling te realiseren.

No-regret-maatregelen

Windturbines kunnen binnen de geluids- en veiligheidsnormen gerealiseerd worden in de Driehoek bij de haven. Als het wenselijk is dat deze optie voor nu of in de toekomst beschikbaar blijft, moet hiermee rekening worden gehouden bij de ruimtelijke invulling van de driehoek. Concreet komt dit erop neer dat:

- De grootte van de waterplas die in een aantal kansrijke alternatieven gepland staat, zodanig is dat er nog ruimte overblijft voor één of meerdere windturbines.
- Er bij de ontwikkeling van natuur en habitatgebieden rekening wordt gehouden met de eventuele komst van windturbines. Onder andere de kwartelkoning wordt mogelijk verstoord tot 300 à 500 meter afstand van een windturbine. Planspecifiek locatie-onderzoek kan meer inzicht geven in de mogelijkheden.
- Het verplaatsen van bedrijven of woningen, kan bij nader locatieonderzoek zowel positieve als negatieve effecten hebben op de kansen voor windturbines, in verband met veiligheidsafstanden.

Het is van belang om bij toekomstige gebiedsontwikkeling, zoals bij verplaatsen van bedrijven of nieuwe woningbouw, in gedachten te houden dat dit de toekomstige kansen voor windturbines kan beperken.

Windturbines tot 2 MW kunnen aangesloten worden op het bestaande middenspanningsnet dat in de Driehoek aanwezig is. Voor windturbines met een groter vermogen zal een nieuwe leiding gelegd moeten worden vanaf de Driehoek naar het onderstation net achter de Grebbedijk (tegenover VARO). Hierbij kan bijvoorbeeld het tracé van de al bestaande MS-leiding worden gevolgd.

Behalve boevengenoemde aandachtspunten, zijn er echter in principe geen concrete no-regret-maatregelen die al in tijdens de dijkversterking genomen kunnen worden. In algemene zin is het echter wel verstandig om te onderzoeken of er op een efficiënte manier geanticipeerd kan worden op toekomstige netverzwaringen en -uitbereidingen. Vanuit het perspectief van verduurzaming (elektrificatie van de warmtevraag, toekomstige productie van zonnepanelen grenzend aan de dijk, eventuele toekomstige (buitendijkse) ontwikkelingen in elektriciteitsproductie voor bijvoorbeeld windenergie) en de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet, zijn toekomstige netverzwaringen en -uitbereidingen van de (laag- en middenspannings)leidingen op en om de dijk niet uit te sluiten.

4.5 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief

Tabel 6 geeft een overzicht van de mogelijkheden voor windenergie per kansrijk alternatief. De variatie tussen de kansrijke alternatieven is klein.

Tabel 6 - Samenvattend overzicht van de mogelijkheden voor windenergie per kansrijk alternatief

	Alternatief Smalle Grebbedijk (KA1)	Alternatief Brede Grebbedijk (KA2)	Alternatief Integrale Grebbedijk (KA3)
Zeer grote windturbines	Potentieel voor maximaal één windturbine van 5,6 MW in de Driehoek bij de haven. Dit is in Natura 2000-ontwikkelingsgebied en vergt nader onderzoek. Een windturbine gaat potentieel niet goed samen met de ontwikkeling van leefgebied voor de kwartelkoning in dezelfde Driehoek, aangezien uit literatuur blijkt dat de kwartelkoning mogelijk tot 300 à 500 meter afstand van een windturbine wordt verstoord.		
Grote windturbines	Potentieel twee tot vier grote windturbines, met een totaal vermogen van 6,1 tot 12,2 MW. Voor twee turbines, één in gebied met cultuurhistorische beperkingen en één in Natura 2000-ontwikkelingsgebied (Driehoek), moet nader onderzoek voor de specifieke locatie worden gedaan. Zie ook opmerking over kwartelkoning bij zeer grote windturbines.		
Middelgrote windturbines	Meeste ruimte beschikbaar. Ook kansen bij de haven.	Minste ruimte beschikbaar, als is het verschil klein. Ook kansen bij de haven.	Veel ruimte beschikbaar, klein verschil met andere alternatieven. Ook kansen bij de haven.
Innovatieve opties	Windpalen, windbomen of verticale windturbines zijn innovatieve varianten. De energieproductie van deze opties is zeer gering en in de regel duur.		
No-regret-maatregel.	Enkele aandachtspunten: ontwikkeling van de waterplas, natuur/habitats, verplaatsen van bedrijven of woningen kan gevolgen hebben voor de kansen voor windturbines in de toekomst. Onderzoeken of het mogelijk is om op een efficiënte manier te anticiperen op mogelijke toekomstige netverzwaring of -uitbereiding op of om de dijk.		

5 TEO

Thermische energie uit oppervlaktewater, afgekort als TEO, is een vorm van duurzame energiewinning, waarbij warmte of koude uit rivieren of plassen onttrokken wordt. Deze thermische energie kan gebruikt worden voor koeling of verwarming van gebouwen. In dit hoofdstuk analyseren we het potentieel voor TEO in het projectgebied. Allereerst zullen we het technische concept van TEO toelichten.

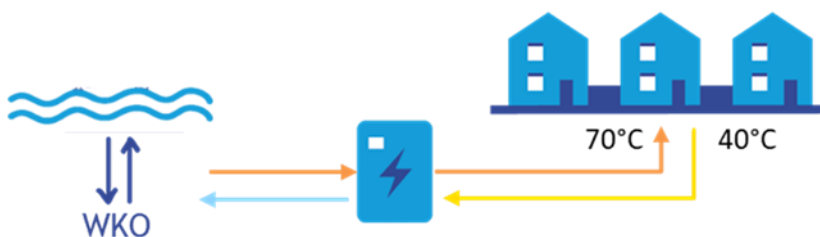
5.1 Techniek- en systeembeschrijving TEO

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) maakt gebruik van warmte en koude uit waterlopen, plassen, gemalen en zeewater om te voorzien in de warmte- en/of koudevraag van de gebouwde omgeving. Warmte wordt gewonnen uit het oppervlaktewater middels een warmtewisselaar; het oppervlaktewater koelt daarbij 1 tot 5°C af. Het lokaal afkoelen van het water kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit en op hittestress. Het is het gunstigst om deze warmte in de zomer te winnen (het heeft dan een temperatuurniveau van circa 15-20°C) en op te slaan in een warmtekoudeopslag (WKO) in de bodem. In de winter wordt de warmte uit de WKO benut en met een warmtenet afgeleverd bij gebruikers. Deze warmte wordt opgewaardeerd naar een bruikbaar temperatuurniveau van 40-70°C middels een centrale warmtepomp of individuele warmtepompen bij de gebruikers. Dit is geïllustreerd in Figuur 24.

De meest voorkomende onderdelen van een TEO-systeem zijn:

1. Oppervlaktewater (warmtewinningslocatie).
2. Pompinstallatie en warmtewisselaar.
3. WKO (warmte-/koudeopslag).
4. Centrale warmtepomp die de temperatuur naar circa 40°C brengt (in het geval van een lagetemperatuurwarmtenet) of circa 65°C (in het geval van een middentemperatuurwarmtenet)¹⁴.
5. Distributienet (het warmtenet).
6. Afleverset en afgiftesysteem bij gebruikers.

Figuur 24 - Schematische weergave van TEO-systeem



¹⁴ Er bestaan ook industriële warmtepompen die de temperatuur verder kunnen verhogen naar 90°C, op niveau van reguliere stadsverwarming (hogetemperatuurwarmtenet). Echter, deze warmtepompen hebben een lager rendement en deze temperatuur is niet nodig om gebouwen te verwarmen.

In Wageningen is één van de eerste TEO-systemen in Nederland gerealiseerd in het woonzorgcentrum Torckdael, dat wordt verwarmd met water uit de stadsgracht. Doordat warmte aan de stadsgracht wordt onttrokken, koelt het oppervlaktewater circa 2 °C af en wordt de gracht in circulatie gebracht. Dit heeft als belangrijk neveneffect verbetering van de waterkwaliteit en vermindering van hittestress (Schaik, et al., 2017).

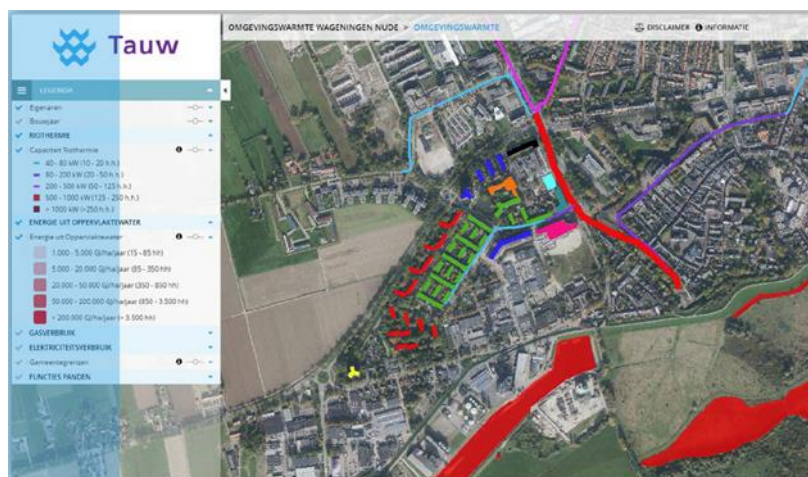
5.2 Potentiële winningslocaties en afzetgebied

De warmte-onttrekkingscapaciteit van het oppervlaktewater is met name afhankelijk van het debiet en de temperatuur van het water. In Wageningen is de Nederrijn een grote potentiële bron van thermische energie vanwege het grote debiet van deze rivier. Binnen het projectgebied van de Grebbedijk liggen ook een aantal stilstaande wateren, om hier TEO uit te onttrekken, zou er stroming gecreëerd moeten worden. Hoewel dit minder energetische potentie heeft dan natuurlijk stromend water, kan het aanbrengen van kunstmatige stroming wel positieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit.

Voor thermische energie uit oppervlaktewater is ook de afnamekant van belang. De Nederrijn ligt op veel plaatsen dichtbij warmte- en koudevragers in Wageningen. In het projectgebied gaat het met name om industrie en utiliteit rond de Rijnhaven en de wijk Nude, maar ook het centrum en (richting de Veerdam) ligt ook binnen 1 kilometer van de Nederrijn.

Voor de wijk Nude heeft Tauw een studie gedaan naar potentiële duurzame bronnen voor de warmtevoorziening. Daarin is ook oppervlaktewater als potentiële bron benoemd (zie kader). In de wijk Nude staan veel flats met collectieve blokverwarming, waardoor een warmtenet een kansrijk alternatief kan vormen voor aardgas.

De Rijnhaven heeft een enorm hoge potentiele energievoorraad en ligt in de nabijheid van de Nude. Dit kan interessant zijn als potentiële bron voor warmte en/of koude. Door deze bron te combineren met een warmte- en koudeopslag (WKO) kan slim gebruikt gemaakt worden van gunstige temperaturen in zomer en winter. Het technische en economisch winbaar potentieel van deze bron kan in nader onderzoek bepaald worden.



Uit studie: Energietransitie De Nude, Wageningen (TAUW, 2018).

5.3 Wettelijke kaders en beleid

Voor het realiseren van TEO is nog geen eenduidig beleid. Omdat er installaties geplaatst moeten worden in het oppervlaktewater (pompen, warmtewisselaar) en de watertemperatuur verandert, moet de waterbeheerder worden betrokken. In het geval van de Nederrijn is dat Rijkswaterstaat voor de rivier en het buitendijks gebied.

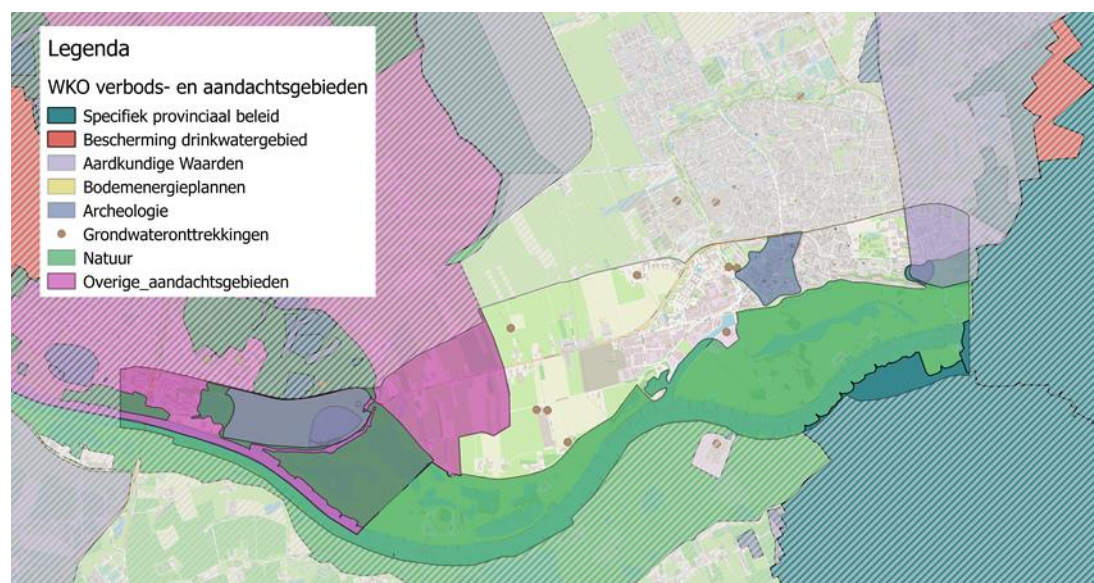
Warmtekoudeopslag

Wanneer warmte wordt opgeslagen in een WKO-systeem is er een vergunning nodig van de Gedeputeerde Staten. Hierbij gelden verbods- en aandachtsgebieden:

- drinkwaterbescherming (verbod);
- specifiek provinciaal beleid (verbod);
- natuur (aandachtsgebied);
- aardkundige waarden (aandachtsgebied);
- archeologie (aandachtsgebied);
- bodemenergieplannen (aandachtsgebied);
- interferentiegebieden (aandachtsgebied);
- overige aandachtsgebieden (aandachtsgebied).

Deze gebieden zijn in Figuur 25 aangegeven op de kaart van het projectgebied. Er is een aantal aandachtsgebieden van toepassing en een zeer beperkt gebied valt onder verbodsgebied. Voor WKO zijn er dus voldoende mogelijkheden.

Figuur 25 - Verbods- en aandachtsgebieden voor WKO in en rond het projectgebied



5.4 Potentie

Bij thermische energie uit oppervlaktewater gaat het altijd om het samenspel tussen energie-aanbod (warmte/koude) uit het oppervlaktewater en de mogelijkheid om deze energie nuttig toe te passen. De potentie voor TEO wordt bepaald aan de hand van onderstaande criteria:

- Geschiktheid leveringsgebied: voldoende warmtevraag vanuit potentiële afnemers en geschikte bebouwingsdichtheid voor een warmtenet.
- Mogelijkheid voor warmtekoudeopslag (WKO) en opslagcapaciteit van de bodem.
- Energetische potentie watersysteem: voldoende aanbod van warmte uit het water, afhankelijk van de temperatuur, de stroomsnelheid en volume.
- Geschiktheid winningslocaties: inpassingsmogelijkheden ter plekke. Dit criterium hangt samen met het ontwerpalternatief voor de Grebbedijk.

Methode

De potentie voor TEO is bepaald op de methode die is beschreven in een recent rapport van CE Delft en Deltares (CE Delft en Deltares, 2018).

Energetische potentie watersysteem

De onttrekkingscapaciteit van warmte uit rivieren is afhankelijk van de temperatuur, de stroomsnelheid en volume (debiet). Er wordt uitgegaan van een temperatuurverschil dat gerealiseerd kan worden van 1-5°C gedurende de zomer. In een segment van 1 km van de Nederrijn, ter plaatse van Wageningen, is een onttrekkingscapaciteit berekend van 2.099.422 GJ/jaar, oftewel afgerond 2 miljoen GJ/jaar.

In het projectgebied zijn ook enkele stilstaande wateren. De energetische potentie hiervan is verwaarloosbaar ten opzichte van de Nederrijn omdat er geen stroming is. De TEO-installatie in de stadsgracht is desondanks een goed voorbeeld van TEO in een kleiner stilstaand waterlichaam. Omdat deze installatie geen warmte of koude onttrekt aan de Nederrijn, is er geen interferentie met TEO uit de Nederrijn. Wel moet altijd worden nagegaan of er kans is op ondergrondse interferentie tussen de warmtekoudeopslag-systemen.

Mogelijkheid voor warmtekoudeopslag (WKO) en opslagcapaciteit van de bodem

De warmte die in de zomer wordt onttrokken aan het water kan het beste worden opgeslagen in een WKO. De opslagcapaciteit van de bodem moet dan wel voldoende zijn. Deze is berekend op basis van voorkomen van voldoende doorlatende zandlagen tot een maximale diepte van 250 meter. De opslagcapaciteit is in dit gebied afgerond 1.500 GJ/ha/jaar. Deze is groter dan de jaarlijkse warmtevraag in de omgeving, en is dus niet beperkend.

Geschiktheid leveringsgebied

Om TEO toe te passen moeten er voldoende afnemers van warmte en/of koude nabij de TEO-installatie aanwezig zijn. Ook moet er voldoende bebouwingsdichtheid zijn om rendabel een warmtenet aan te kunnen leggen.

De warmtevraag in de omgeving van de Grebbedijk is bepaald op basis van CBS-buurtdata (2015), de BAG en kentallen voor energieverbruik van utiliteit uit het CEGOIA-model van CE Delft. Dit is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 - Overzicht warmte- en koudevraag in gebieden rondom de Grebbedijk

Buurt of gebied	Warmte- vraag woningen (GJ/jaar)	Warmte- vraag utiliteit (GJ/jaar)	Warmte- vraag totaal (GJ/jaar)	Koude- vraag utiliteit (GJ/jaar)	Opper- vlakke (ha)	Warmtevraag dichtheid (GJ/[ja*ha])
Verspreide huizen (Nude-gebied)	6.693	12.247	18.940	321	221	86
<i>Bedrijventerrein*</i>					20	609
Buitenwijk Wageningen-West	72.867	41.183	114.050	2003	100	1.141
Oude Stad Binnenstad	30.553	30.498	61.051	1.826	22	2.775
Buitenwijk Wageningen-Oost	82.906	38.474	121.380	2009	130	934
Totaal van deze vier buurten	193.019	122.402	327.668	6.159		
Totaal Wageningen	664.736	335.083	999.819	19.639		

* Hier is aangenomen dat de warmtevraag van de utiliteit afkomstig is van het bedrijventerrein.

In theorie kan er voldoende warmte met TEO worden gewonnen om heel Wageningen van warmte te voorzien. In de praktijk is het realistisch om naar één of enkele buurten te kijken, voor die omvang zijn de grootte van de warmtewisselaar, de warmtepomp en de leidingen ruimtelijk goed inpasbaar. TEO is een relatief nieuw concept, dat op dit moment alleen op kleine schaal wordt toegepast.

Leidingdiameter

De warmtevraag van het beoogde leveringsgebied is ook belangrijk om te bepalen hoe groot een eventuele transportleiding zou moeten zijn van de warmtewisselaar naar de collectieve WKO/warmtepomp. Om een indicatie voor de benodigde leiding te geven, hebben we gekeken naar warmtelevering aan de kleinste buurt in de omgeving van de haven (Nude-gebied) en de grootste buurt (Buitenwijk Wageningen-West). Voor het Nude-gebied is de warmtevraag circa 19.000 GJ/jaar en is de inschatting van de vereiste leidingdiameter 0,22 meter, voor de Buitenwijk Wageningen-West is de warmtevraag 114.000 GJ/jaar en is de inschatting van de vereiste leidingdiameter 0,54 meter¹⁵.

Geschiktheid winningslocaties

De winning van TEO gebeurt met behulp van een warmtewisselaar. Belangrijk daarbij zijn de volgende punten:

- in geval van stilstaand water moet er een circulatiestroom worden ingesteld om voldoende warmte te kunnen onttrekken, waarbij het in stroming gebrachte water voldoende warmte moet invangen om aan de vraag te kunnen voldoen;
- in geval van stromend water dient de uitlaat voldoende ver stroomafwaarts van de inlaat te worden geplaatst, zodat er geen thermische kortsluiting plaatsvindt (waarbij het afgekoelde lozingswater weer terugstroomt naar het inlaatpunt).

¹⁵ Bij een energieopwek in drie maanden, een SCOP van de collectieve warmtepomp van drie, een temperatuurverschil van 5 °C en een maximale stroomsnelheid in de leiding van 2,0 m/s.



Vanaf de warmtewisselaar kan de warmte (circa 20°C) via een warmteleiding worden getransporteerd naar de afnamelocatie. Deze warmteleiding kan een niet-geïsoleerde leiding zijn. In of nabij de afnemers van de warmte, bijvoorbeeld aan de rand van de wijk, moet een locatie worden gezocht voor de WKO en centrale warmtepomp. Hiervandaan wordt de warmte via een distributienet bij de afnemers gebracht.

Combineren met locatie voor de ENKA-leiding

Een logische stap zou zijn om te verkennen of de TEO-aanvoerleiding gecombineerd kan worden met de locatie voor de ENKA-leiding. Het beoogde traject is in Figuur 26 getoond.

Figuur 26 - Beoogd traject van de ENKA-leiding



Bron tracé: Gemeente Wageningen. Bron achtergrondkaart: (Lieveense, Fugro, Flux, 2018).

De TEO-aanvoerleiding zou parallel aan de ENKA-leiding gelegd kunnen worden om zo de ruimtelijke impact en de benodigde werkzaamheden te beperken en zodat de TEO-inlaat bovenstrooms gelegen is van de ENKA-uitlaat. De dijk wordt doorkruist bij de havenkom. De WKO en warmtewisselaar moet dan binnendijks in de buurt van de dijkdoorkruising geplaatst worden.

Het combineren van de tracés van de twee leidingen en de gezamenlijke doorkruising van de dijk hebben een aantal voordelen:

- De dijk wordt maar op één locatie doorkruist en daardoor worden investeringen beperkt en het onderhoud aan de dijk versimpeld.
- Er hoeft maar éénmaal gezocht te worden naar ruimtelijke inpassing van de leidingen.
- Het voorgestelde tracé gaat zoveel mogelijk door openbaar terrein.
- TEO kan gecombineerd worden met het spoelen van de stadsgracht en het havenkanaal en levert hierdoor synergie op met waterkwaliteit.

Deze locatie heeft echter ook aandachtspunten voor TEO:

- De leidinglengte is vrij lang, waardoor relatief veel pompenergie nodig is.
- Eventuele stromingen die veroorzaakt kunnen worden door de monding van de ENKA-leiding en de TEO in- en uitlaat zijn afhankelijk van de debieten van deze elementen en die van de Nederrijn. Dit effect moet nader onderzocht worden.

Voor elk kansrijk alternatief is een schets gemaakt van mogelijke locaties van de in- en uitlaat (TEO-winnings- en lozingslocaties), warmtewisselaar, transportleiding, centrale WKO en warmtepomp. Bij ieder alternatief is de centrale WKO en warmtepomp binnendijks opgesteld. Daar moet gezocht worden voor een geschikte locatie.

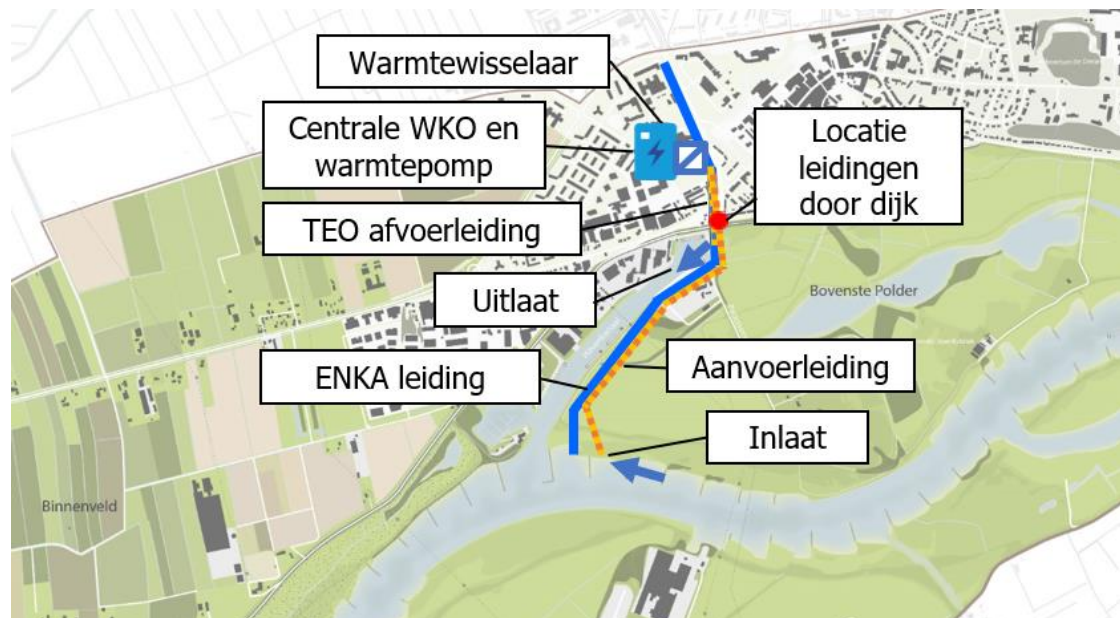
Er is een aparte in- en uitlaatlocatie nodig om thermische menging van het water te voorkomen. De meest geschikte locatie voor de inlaat ligt is bovenstrooms van de ENKA-leiding. De uitlaatlocatie kan in het Havenkanaal geplaatst worden.

Andere locaties voor de TEO in- en uitlaat zijn ook mogelijk, zoals de TEO-inlaat in het havenkanaal en de uitlaat benedenstrooms in de Nederrijn. Deze locaties lijken echter vanuit ruimtelijke inpassing minder kansrijk dan de combinatie met de ENKA-leiding.

5.4.1 Kansrijk Alternatief 'smalle Grebbedijk'

Het eerste alternatief is een smalle dijk. In dit alternatief is het gebied ten zuiden van het havenkanaal niet gewijzigd.

Figuur 27 - Conceptlocaties TEO in Kansrijk Alternatief 1

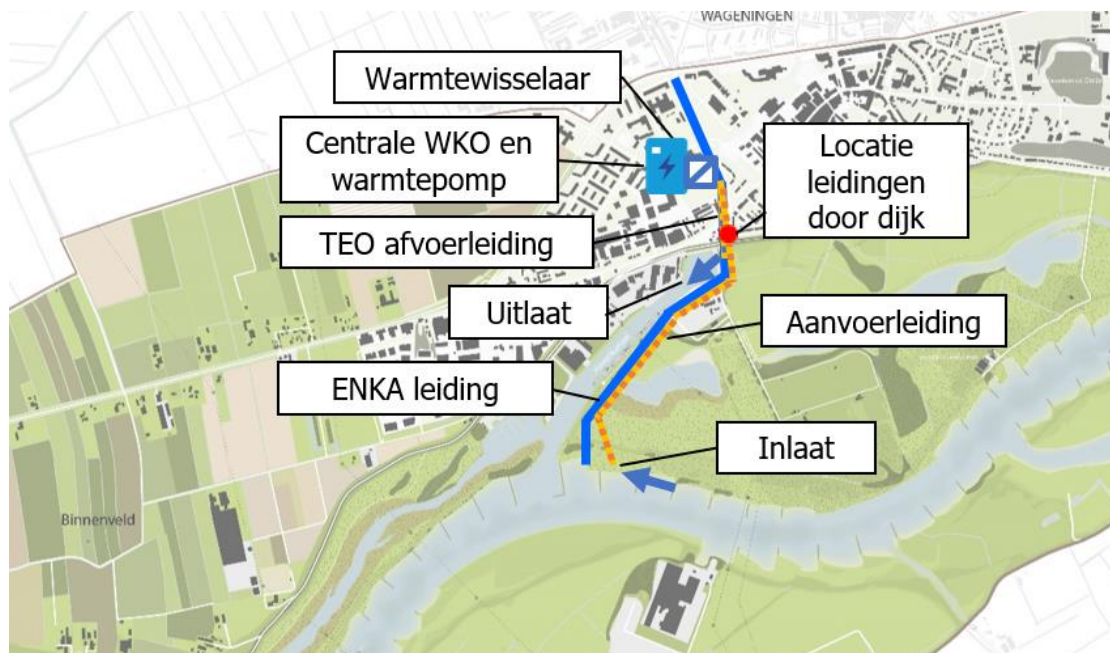


Bron achtergrondkaart: (Lieveense, Fugro, Flux, 2018).

5.4.2 Kansrijk Alternatief 'brede Grebbedijk'

In het tweede alternatief wordt aan de zuidkant van het Havenkanaal een natuurplas aangelegd en is er extra natuurontwikkeling. De inpassing van de systemen voor TEO zijn hier gelijk aan Alternatief 1.

Figuur 28 - Conceptlocaties TEO in Kansrijk Alternatief 2

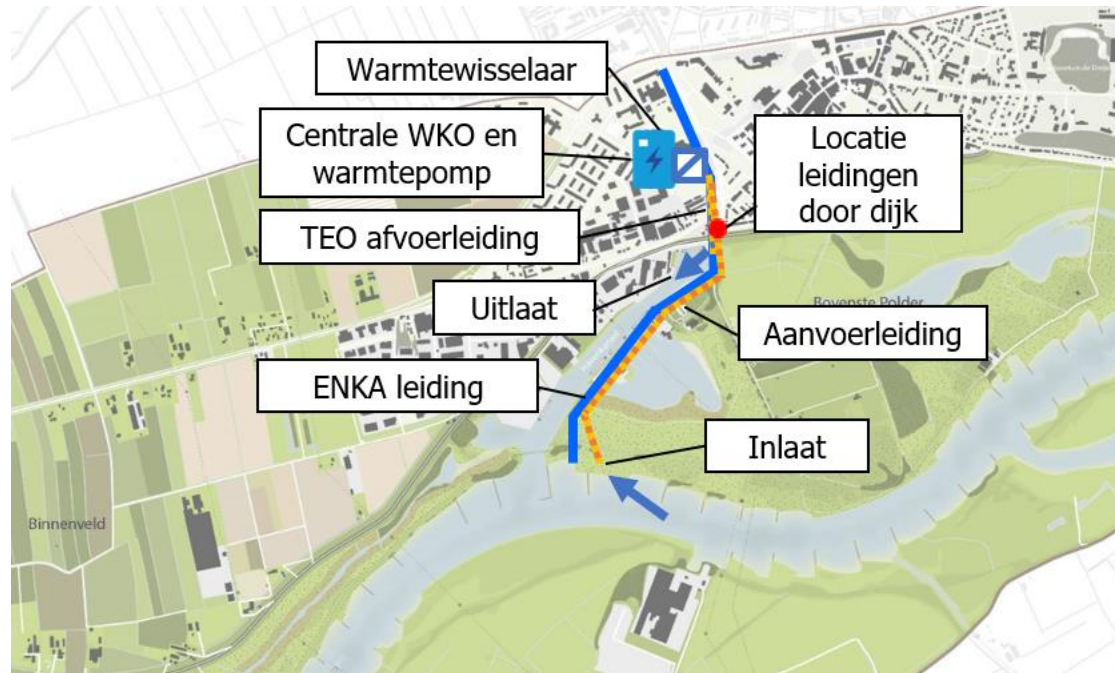


Bron achtergrondkaart: (Lievence, Fugro, Flux, 2018).

5.4.3 Kansrijk alternatief 'integrale Grebbedijk'

In dit alternatief is er ten zuiden van het Havenkanaal natuurontwikkeling en een recreatieplas die verbonden is met het Havenkanaal. De componenten kunnen in dit dijkontwerp hetzelfde geplaatst worden als in Alternatief 1 en 2. Bij de verbinding tussen de recreatieplas en het Havenkanaal moeten de leidingen onder het water door.

Figuur 29 - Conceptlocaties TEO in Alternatief 3



Bron achtergrondkaart: (Lievense, Fugro, Flux, 2018).

5.5 Effectiviteit en no-regret-maatregelen

Voor een goede businesscase voor TEO is van belang dat de ligging van de winningslocatie, transportleiding, warmtestation met WKO en centrale warmtepomp, en afnemers goed zijn gekozen en op elkaar zijn afgestemd. Voor deze elementen gelden specifieke aandachtspunten.

Bij de winningslocatie voor TEO is van belang dat er ruimte voor een warmtewisselaar is en thermisch gescheiden in- en uitlaatlocaties, bijvoorbeeld boven- en benedenstrooms van een krib of nevengeul. De minimale afstand tussen inlaat en uitlaat om thermische menging te voorkomen, is afhankelijk van de stroomsnelheid van de rivier. De Nederrijn is gestuwd, dus bij lage afvoer stroomt deze bijna niet. Dit komt vooral in de zomer voor wanneer juist TEO gewonnen wordt. Daarom wordt enkele honderden meters afstand en/of enkele kribben gezien als 'veilige' afstand om thermische menging te voorkomen. Het verdient aanbeveling om op basis van werkelijke stroomsnelheden te bepalen wat de kans is op thermische menging in het gekozen eindontwerp.

Daarnaast moet er een transportleiding worden aangelegd tussen de TEO-locatie en het warmtestation met centrale warmtepomp/WKO. Deze moet de dijk oversteken of doorkruisen. Hiermee moet bij het ontwerp van de dijk rekening gehouden worden. Er zouden extra eisen gesteld kunnen worden aan de transportleiding in verband met de veiligheid van de primaire waterkering. Idealiter wordt hierbij aangesloten bij de te ontwikkelen afvoerleiding van vervuild ENKA-grondwater van Ede naar de Nederrijn bij Wageningen. Hiervoor komt er hoogstwaarschijnlijk een boring bij de Grebbedijk.

De leiding die de dijk doorkruist bestaat uit zowel een aanvoerleiding (warm) als afvoerleiding (koud).

Hierbij is de benodigde diameter van elk van de leidingen afhankelijk van warmtevraag van beoogd leveringsgebied circa 0,2 tot ruim 0,5 meter. De kosten van een transportleiding zijn afhankelijk van de lengte, diameter en materiaal van de leiding. Voor een temperatuurniveau van circa 20°C is geen isolatie vereist, dus kunnen kunststof leidingen voldoen. De kosten van een leiding per meter liggen bij een in te vullen warmtevraag van 20.000 GJ op circa € 250-500 per meter (op basis van expertise van CE Delft). Echter bij de aanleg langs en door de dijk zullen er naar verwachting extra kosten bijkomen.

Er moet een warmte(overdracht)station worden ingericht met ruimte voor centrale warmtepomp en WKO, liefst zo dicht mogelijk bij warmte-afnemers. Logischerwijs zou dit binnendijks zijn, bijvoorbeeld op een bedrijventerrein. De kosten van de centrale warmtepomp en WKO zijn afhankelijk van de grootte van de warmtelevering (circa € 1-2 miljoen per MW geïnstalleerd vermogen). Maar ook de ruimtelijke inpassing en ondergrondse condities bepalen de kosten van een WKO-installatie.

Om een betere inschatting te maken van de verbruikers, dient geïnventariseerd te worden wat het warmte- en koudeverbruik is van de huidige en toekomstige gebouwen op het bedrijventerrein is (inclusief Nudepark 2) en waar potentie is voor de aanleg voor een warmtenet. De ontwikkeling van Nudepark 2 biedt kansen voor TEO, wanneer dit gebied voorzien wordt van een LT/MT-warmtenet, dit temperatuurniveau is in ieder geval voor nieuwe utiliteitsgebouwen voldoende. Het bepalen van het beoogde leveringsgebied en daarbij behorende warmteafname is de belangrijkste eerste stap om een businesscase op te stellen.

5.6 Samenvatting van de mogelijkheden per alternatief

Tabel 8 geeft een overzicht van de mogelijkheden voor TEO per kansrijk alternatief.

Tabel 8 - Samenvattend overzicht van de mogelijkheden voor TEO per kansrijk alternatief

	Alternatief Smalle Grebbedijk (KA1)	Alternatief Brede Grebbedijk (KA2)	Alternatief Integrale Grebbedijk (KA3)
TEO	Geschikt voor elke kansrijk alternatief. Het winningspotentieel is 2 miljoen GJ/km rivierlengte/jaar. Het afzetpotentieel voor één buurt in de omgeving van de haven ligt tussen de 19.000 en 114.000 GJ/jaar.		
No-regret-maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> – reserveren van ruimte voor warmtewisselaar (aan het water); – reserveren van ruimte voor twee leidingen en doorkruising door de dijk (diameter circa 0,2 - 0,5 m diameter per leiding); mogelijk het aanleggen van een 'loze leiding'; – reserveren van ruimte voor WKO en collectieve warmtepomp (dichtbij afnemers). 		

6 Overzicht no-regret-maatregelen

De no-regret-maatregelen die tijdens het dijkversterkingsproject genomen zouden moeten worden zijn in de voorgaande hoofdstukken per optie besproken. In Tabel 9 zijn de no-regret-maatregelen van alle opties samengevoegd en weergegeven.

Over een deel van de dijk, ook richting bebouwing in de Driehoek lopen al (MS-) elektriciteitsleidingen. In algemene zin is verstandig om te onderzoeken of er op een efficiënte manier geanticipeerd kan worden op toekomstige netverzwaringen en -uitbereidingen. Vanuit het perspectief van verduurzaming (elektrificatie van de warmtevraag, toekomstige productie van zonnenvelden grenzend aan de dijk, eventuele toekomstige buitendijkse ontwikkelingen in elektriciteitsproductie) en de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet, zijn toekomstige netverzwaringen of -uitbereidingen van de (laag- en middenspannings)leidingen op en om de dijk niet uit te sluiten.

Voor windenergie en TEO moet er vooral bij de ruimtelijke planning rekening worden gehouden met toekomstige ontwikkelingen voor deze twee technieken. In die zin zijn het veelal meer aandachtspunten dan no-regret-maatregelen.

Voor windenergie is het van belang dat de waterplas die in Driehoek gepland is (in ieder geval in KA2 en KA3) zo te positioneren dat er mogelijk in de toekomst nog ruimte is voor een windturbine. Hetzelfde geldt hier voor de ontwikkeling van natuur. Als er in de Driehoek natuur wordt ontwikkeld voor diersoorten die verstoord worden door windturbines (zoals de kwartelkoning), is de kans op de toekomstige realisatie van een windturbine in dit gebied aanzienlijk kleiner dan wanneer er een aantrekkelijk natuurgebied wordt gecreëerd voor diersoorten die niet verstoord worden door windturbines.

Voor TEO is het van belang dat er in de ruimtelijk planning rekening wordt gehouden met de eventuele toekomstige plaatsing van een warmtewisselaar aan het water, ruimte voor twee leidingen (diameter circa 0,5 meter) die de dijk doorkruisen (hiervoor kan alvast een loze leiding/boring worden aangebracht), er ruimte bij de afnemers wordt gecreëerd voor een WKO en collectieve warmtepomp (buitendijks, locatie is afhankelijk van de buurt waaraan TEO wordt geleverd).

Tabel 9 - Samenvattend overzicht van de no-regret-maatregelen per kansrijk alternatief

Optie	Alternatief Smalle Grebbedijk (KA1)	Alternatief Brede Grebbedijk (KA2)	Alternatief Integrale Grebbedijk (KA3)
Algemeen	Onderzoeken of het mogelijk is om op een efficiënte manier te anticiperen op mogelijke toekomstige netverzwaring of -uitbereiding op of om de dijk.		
Zonne-energie	Geen.		
Wind-turbines	Enkele aandachtspunten: ontwikkeling van de waterplas, natuur/habitats, verplaatsen van bedrijven of woningen kan gevolgen hebben voor de kansen voor windturbines in de toekomst.		
TEO	<ul style="list-style-type: none">– reserveren van ruimte voor warmtewisselaar (aan het water);– reserveren van ruimte voor twee leidingen en doorkruising door de dijk (diameter circa 0,2 - 0,5 m diameter per leiding); mogelijk het aanleggen van een 'loze leiding';– reserveren van ruimte voor WKO en collectieve warmtepomp (dichtbij afnemers).		

7 Energieneutrale Rijnhaven

In dit hoofdstuk analyseren we de mogelijkheden om van het Rijnhavengebied een energieneutraal of energiepositief gebied te maken.

7.1 Inleiding

In een energieneutrale haven wordt binnen het gebied evenveel hernieuwbare energie geproduceerd, als dat er energie wordt verbruikt. Het is belangrijk op te merken dat het hierbij gaat om de compensatie van totale energieverbruik met hernieuwbare energie, ongeacht de energiedrager. De geproduceerde en verbruikte energie hoeven dus niet dezelfde energiedrager te zijn, de productie van hernieuwbare energie kan bijvoorbeeld volledig uit elektriciteit bestaan, terwijl er in het gebied ook een warmtevraag is.

De afbakening van de definitie van energieneutrale Rijnhaven is verder als volgt gedefinieerd:

- We kijken naar het gebied wat in Figuur 1 (in Hoofdstuk 1) als havengebied is omlijnd. Dit betekent dat de hernieuwbare energieopwekking en het energieverbruik in dit gebied moet plaatsvinden.
- Het gaat om het jaarlijkse energieverbruik en de jaarlijkse energieproductie: vraag en aanbod hoeven niet op ieder moment binnen dit jaar met elkaar overeen te komen.
- Er is gekeken naar elektriciteits-, gas- en brandstofverbruik voor niet-transport-doeleinden. Ook het energiegebruik van scheepvaart is niet meegenomen.

Voor AgruniekRijnvallei is in 2015 een analyse van het restwarmtepotentieel uitgevoerd door Qing Sustainability (Qing Sustainable, 2015). Nuttig gebruik van restwarmte - bijvoorbeeld voor gebouwverwarming in naastgelegen buurten - is geen vorm van hernieuwbare energieopwekking, maar is een vorm energiebesparing, waardoor het netto energiegebruik in het gebied kleiner wordt.

Vanwege de gevoeligheid van de energieverbruikscijfers van individuele bedrijven, geven wij alleen de totalen voor de hele haven weer in dit rapport.

7.1.1 Afbakening en beschrijving projectgebied

De Rijnhaven is een multifunctionele binnenvaarthaven aan de Nederrijn. Naast een industriële- en distributiefunctie, vind er ook recreatie plaats, voornamelijk in de jachthaven en de omringende natuurgebieden. De watergebonden bedrijven liggen in het industriële gebied dat ook de naam Rijnhaven draagt. We verwijzen naar Figuur 1 (in Hoofdstuk 1) voor een afbakening van het havengebied.

In deze studie wordt specifiek gekeken naar de watergebonden bedrijven in de Rijnhaven. Dit zijn AgruniekRijnvallei (veevoederbedrijf), Varo Energy (brandstofterminal), Bruil beton & mix (betoncentrale) en Van Leusden (vrachtwagentransportbedrijf - doet overslag van binnenvaartschepen op vrachtwagens in de haven). Ook het havenkantoor valt binnen de gebiedsafbakening.

Naast deze bedrijven zijn er enkele recreatiegebouwen die worden meegenomen in het onderzoek: die van de jachthaven, watersportvereniging VADA en van roeivereniging W.S.R. Argo. Deze vallen ook binnen het havengebied zoals gedefinieerd in Figuur 1.

Of het Rijnhavengebied er hetzelfde uit blijft zien de komende jaren is de vraag. Dit hangt ook samen met de verschillende ontwerpen die er voor de versterking van de Grebbedijk zijn gemaakt. Er wordt door de gemeente al enkele jaren met Bruil gepraat om te kijken of een verhuizing van het bedrijf naar de noordzijde van het havengebied. Op deze manier zal de zuidzijde van de haven volledig beschikbaar zijn voor natuurontwikkeling en eventuele recreatiemogelijkheden. In Kansrijk Alternatief 3 van de ontwerpen van de Grebbedijk (zoals beschreven in Paragraaf 2.2), is de verhuizing van Bruil inbegrepen in het plan. Tevens is er sprake van verplaatsing van de jachthaven: in Kansrijk Alternatief 2 en 3 wordt deze respectievelijk naar de dijkzijde (zelfde locatie als nu) en de stad verplaatst. Nieuwbouw heeft in veel gevallen invloed op het energiegebruik, door de huidige strenge bouweisen zijn nieuwe gebouwen energiezuiniger dan oude gebouwen met vergelijkbare omvang en functie. Ook kan er bij nieuwbouw rekening worden gehouden met optimale oriëntatie van het pand, zodat er maximaal potentieel is voor zonnepanelen op daken.

In het ontwerp bestemmingsplan van het havengebied ('Haven-Costerweg') dat begin maart 2019 is gepubliceerd (Gemeente Wageningen, 2019), wordt ook de verplaatsingen van enkele bedrijven besproken (Van Leusden en Bruil). Ook wordt er in dit bestemmingsplan verondersteld dat de braakliggende terreinen ('t Stek en het terrein tussen AgruniekRijnvallei en Varo) in de toekomst ingevuld zullen worden, mogelijk deels door verplaatsing van bedrijven. Uitbereiding op deze terreinen heeft mogelijk een hoger energiegebruik in de haven tot gevolg. Aangezien de veronderstelling is dat deze braakliggende industrieterreinen in de toekomst ingevuld gaan worden, zijn deze terreinen niet beschikbaar voor de productie van zonne-energie.

7.2 Energiegebruik

Het huidige energieverbruik in de Rijnhaven (van het jaar 2018), is opgevraagd bij de bedrijven en organisaties genoemd in Paragraaf 7.1.1. Van alle partijen zijn energiegegevens ontvangen met uitzondering van Varo en het havenkantoor. De gepresenteerde energieverbruik in Paragraaf 7.5 geeft dus een ondergrens aan, maar dekt het overgrote deel van het energiegebruik. Naar verwachting leidt het ontbreken van de genoemde energiegegevens niet tot andere conclusies van dit hoofdstuk.

In Tabel 10 is het opgetelde huidige energieverbruik per energietype gegeven. Voor alle drie de kansrijke alternatieven voor de Grebbedijk is uitgegaan van dit huidige verbruik. Het weergegeven energiegebruik is voor het jaar 2018, jaarlijks kan het energiegebruik natuurlijk variëren, onder andere onder afhankelijk van de economische situatie en de weersomstandigheden.

Tabel 10 - Het totaal energieverbruik in Rijnhaven naar energiedrager in 2018

Energiedrager	Totaal verbruik (GJ/jaar)
Elektriciteit	34.061
Gas	10.912
Overig brandstofverbruik	1.858
Totaal	46.398

7.2.1 Restwarmte

AgruniekRijnvallei heeft in 2015 een studie laten uitvoeren door Qing Sustainable waarin haar restwarmtepotentieel en mogelijke toepassing ervan zijn onderzocht (Qing Sustainable, 2015). Hieruit bleek dat er jaarlijks maximaal 23.234 GJ energie beschikbaar is, vóór warmteterugwinning. In drie doorgerekende scenario's (warmte voor eigen gebruik, warmte voor eigen gebruik en woningen, en warmte voor eigen gebruik en warmtenet) is er respectievelijk 807, 8.336 en 15.943 GJ nuttige energie te leveren na warmteterugwinning en exploitatie. Deze waarden zijn afhankelijk van de warmtevraag en de gebruikte technieken voor warmteterugwinning en levering. In het laatste scenario is verondersteld dat alle beschikbare warmte kan worden afgezet, de maximale hoeveelheid nuttige energie terug te winnen bij AgruniekRijnvallei is dus 15.943 GJ. Wij gaan in onze analyse uit van dit getal en veronderstellen dat dit het potentieel ten opzichte van 2015 gelijk is gebleven.

7.3 Hernieuwbare energie

Er wordt in het havengebied op dit moment zonne-energie geproduceerd door twee partijen: AgruniekRijnvallei en Argo. Er is nog geen sprake van elektriciteitsproductie uit windenergie. Ook zijn er geen andere vormen van hernieuwbare energieproductie.

7.3.1 Windenergie

Het potentieel voor windenergie in het havengebied is overgenomen uit de gebiedsanalyse die in de voorgaande hoofdstukken van deze studie is uitgevoerd. Voor de drie kansrijke alternatieven (KA1, KA2 en KA3) is bekeken wat voor het havengebied de potentiële windenergieproductie is uit zeer grote, grote of middelgrote windturbines.

In Tabel 11 is een overzicht gegeven per type windturbine en voor ieder kansrijk alternatief. De verschillende typen windturbines zijn alternatieve opties; in totaal staan er in Tabel 11 dus voor ieder kansrijk alternatief drie verschillende potentiëlen voor windenergie. Voor de analyse van de energieneutrale Rijnhaven, is er per kansrijk alternatief alleen het maximale en het minimale potentieel meegenomen (onderste tabel in Tabel 11), dit vormt een bandbreedte voor de kansen van elektriciteitsproductie uit wind in het havengebied.

Tabel 11 - Maximum potentieel voor windturbines in het havengebied, per type windturbine en kansrijk alternatief

Type windturbine	Potentieel KA1 (GWh)	Potentieel KA2 (GWh)	Potentieel KA3 (GWh)
Zeer grote windturbine	18 (met beperkingen)	18 (met beperkingen)	18 (met beperkingen)
Grote windturbine	7,9 (met beperkingen)	7,9 (met beperkingen)	7,9 (met beperkingen)
Middelgrote windturbine	3,12 (waarvan 2,86 met beperkingen)	2,60 (waarvan 2,34 met beperkingen)	2,08 (waarvan 1,82 met beperkingen)

	Potentieel KA1 (GJ)	Potentieel KA2 (GJ)	Potentieel KA3 (GJ)
Minimum potentieel windturbines	936	936	936
Maximum potentieel windturbines	64.800	64.800	64.800

Deze windturbines zullen in vrijwel alle gevallen in het Natura 2000-gebied van de Driehoek gerealiseerd moeten worden, de haalbaarheid hiervan is nog onzeker. Eén enkele middelgrote winturbines kan daar net buiten worden gerealiseerd bij de huidige locatie van Bruil. Aangezien de windturbines in het havengebied een bijdrage leveren aan de ‘verduurzaming van bestaande activiteiten in het rivierbed’, is de kans vergroot op het krijgen van een watervergunning van Rijkswaterstaat voor een winturbine in de uiterwaarden. Zie ook Paragraaf 4.1 over het plaatsen van windturbines in de uiterwaarden.

7.3.2 Zonne-energie

Voor zonne-energie in de Rijnhaven is gekeken naar de potentie voor zonnepanelen op de aanwezige daken in het gebied. Zoals gezegd zijn er al twee daken belegd met panelen: één gebouw van Argo en één gebouw van AgruniekRijnvallei. Deze zijn niet meegenomen in het bepalen van het potentieel, maar hebben we ingedeeld in de categorie ‘huidige productie’. Voor de nog onbelegde daken is gebruik gemaakt van de Zonatlas van de gemeente Wageningen (Zonatlas, sd). Hierin is voor alle daken in de gemeente bepaald wat het potentieel is voor zonne-energieproductie. Er wordt allereerst onderscheid gemaakt tussen ‘zeer geschikte’, ‘geschikte’ en ‘minder geschikte’ daken. In de analyse voor een energieneutrale Rijnhaven zijn de paar aanwezige ‘minder geschikte’ daken buiten beschouwing gelaten. Het potentieel van zeer geschikte en geschikte daken is weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 - Potentieel zonnepanelen op daken in het Rijnhavengebied, op basis van zonatlas Wageningen. Exclusief reeds geïnstalleerde zonnepanelen

Zon op daken	Potentieel (GJ/jaar)
Zeer geschikte daken	1.569
Geschikte daken	1.232
Totaal	2.800

Een belangrijke opmerking voor zonne-energie is dat er is uitgegaan van gelijk potentieel in alle drie de kansrijke alternatieven voor de Grebbedijk. Dit hoeft echter niet zo te zijn wanneer verhuizingen van gebouwen/bedrijven gaan plaatsvinden in de verschillende alternatieven. Dat gezegd hebbende, kan er op dit moment alleen vanuit worden gegaan dat alle bedrijven en organisaties in de Rijnhaven blijven (en er geen bij komen), ook al verhuizen ze van locatie binnen het gebied. Daarbij veronderstellen we dat hun activiteiten en daarmee ook de grootte van hun gebouwen gelijk zullen blijven na verhuizing (en daarmee ook de daken).

7.4 TEO

De potentiële winningslocaties voor TEO liggen nabij de Rijnhaven, maar niet per se in het afgebakende gebied voor de energieneutrale haven. Daarnaast hangt het potentieel voor TEO sterk af van de locaties die gekozen worden als afzetgebied. In theorie kan er in een segment van 1 km van de Nederrijn, ter plaatse van Wageningen, afgerond 2 miljoen GJ/jaar aan warmte gewonnen worden. Dit overtreft ruimschoots het energiegebruik van de Rijnhaven, waarmee direct een energiepositieve Rijnhaven verkregen wordt als de gebiedsafbakening wordt opgerekt zodat het de winningslocaties van TEO omvat. Het gaat om lage- of middentemperatuurwarmte dat ingezet kan worden voor ruimteverwarming en niet zozeer voor industriële processen. Aangezien de warmte daarom voornamelijk ingezet zal worden in woningen en utiliteit buiten het havengebied, laten we TEO in het vervolg van deze analyse buiten beschouwing.

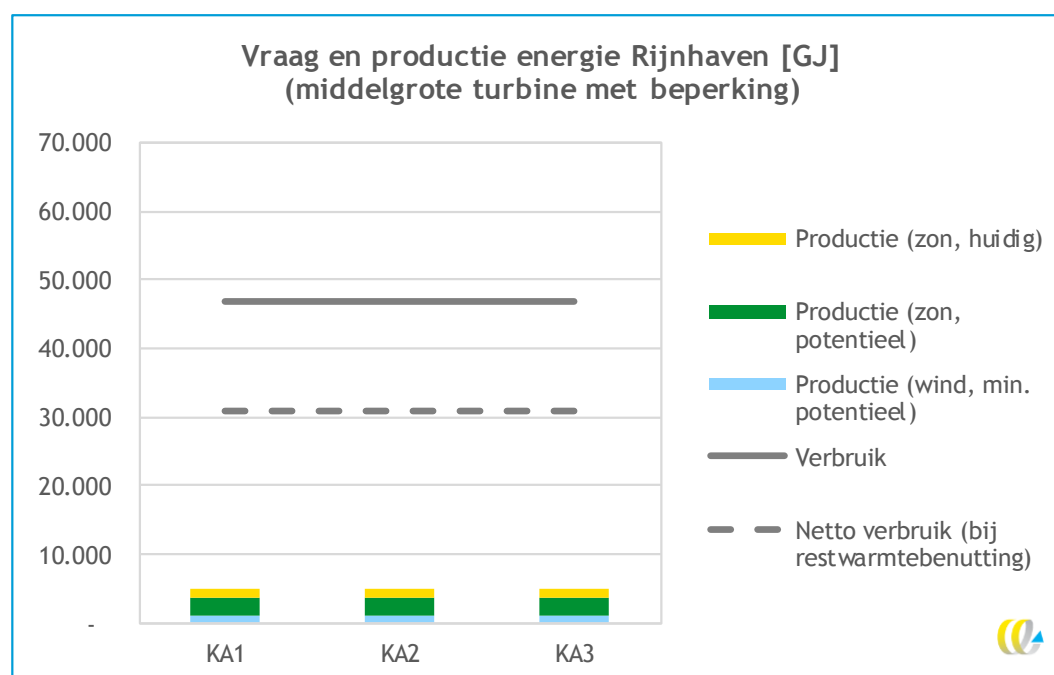
7.5 Resultaten analyse energieneutrale Rijnhaven

Op basis van het energiegebruik en de potentiële energieproductie van verschillende opties, die zijn genoemd in de vorige paragrafen, hebben we de energiebalans opgemaakt voor het gedefinieerde havengebied. De resultaten van de analyse zijn weergegeven in Figuur 30 en Figuur 31.

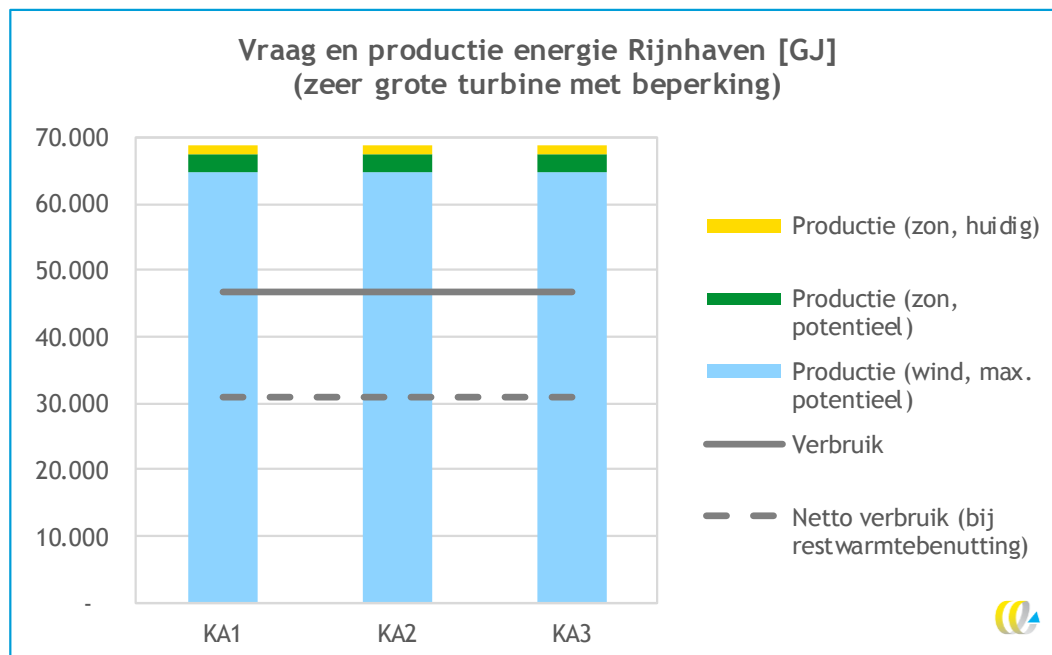
Zoals eerdergenoemd, is er hierbij een bandbreedte gehanteerd voor de minimaal en maximaal te produceren energie in het Rijnhavengebied, op basis van verschillende groottes windturbines. Deze situatie is feitelijk voor alle kansrijke alternatieven identiek. De hoogte van de windturbine is in sterke mate bepalend voor het energieproductiepotentieel. Daarnaast is de potentiële restwarmte beschikbaarheid bij AgruniekRijnvallei meegenomen in het netto energieverbruik.

Bij het scenario met minimale energieproductiepotentieel voor windenergie (Figuur 30), zal de het potentieel aan zonne- en windenergie niet toereikend zijn om de Rijnhaven energieneutraal te maken - ook niet als het gehele restwarmtepotentieel bij AgruniekRijnvallei nuttig zou kunnen worden toegepast (netto verbruik). In dit geval veronderstellen we dat er slechts één middelgrote windturbine die in het havengebied gerealiseerd kan worden.

Figuur 30 - Vraag en productie(potentieel) energie Rijnhaven, minimale potentieel windenergieproductie



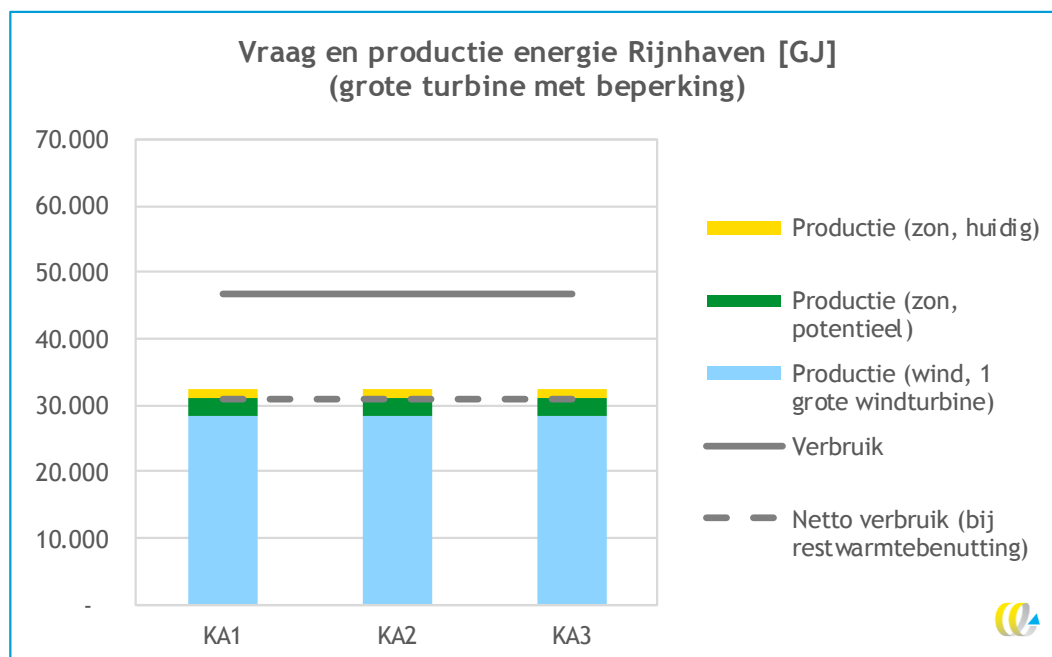
Figuur 31 - Vraag en productie(potentieel) energie Rijnhaven, maximale potentieel windenergieproductie



Bij het scenario met maximale energieproductiepotentieel door wind (Figuur 31), zal het potentieel aan zonne- en windenergieproductie toereikend zijn om de Rijnhaven energieneutraal te maken. In dit geval veronderstellen we dat er één zeer grote windturbine die in het havengebied gerealiseerd kan worden (in de Driehoek).

Opvallend in beide figuren is dat zonne-energie van zonnepanelen op daken in het Rijnhavengebied maar een kleine bijdrage kan leveren aan de hernieuwbare energieproductie. Windenergie is cruciaal om te komen tot een energieneutrale haven, één enkele middelgrote windturbine is daarbij niet voldoende, een zeer grote windturbine is daarentegen ruim voldoende. Eén grote windturbine (3 MW) zou net kunnen volstaan om een energieneutrale haven te creëren, indien tevens alle restwarmte van AgruniekRijnvallei afgezet kan worden voor nuttig gebruik, dit is weergegeven in Figuur 32. We gaan hierbij uit van de theoretische elektriciteitsproductie die we in Hoofdstuk 4 hebben berekend, mogelijk kan deze waarde in de praktijk iets lager uitvallen. Ook varieert de jaarlijkse productie van zonne-energie en windenergie, hierdoor kan het zijn dat een energieneutrale haven alsnog niet bereikt kan worden. Ook is dit scenario niet robuust voor een eventuele toename van het energiegebruik.

Figuur 32 - Vraag en productie(potentieel) energie Rijnhaven, bij één grote windturbine



7.6 Conclusie

Een energieneutrale Rijnhaven kan bereikt worden mits er één zeer grote windturbine (5,6 MW) in het havengebied gerealiseerd kan worden of mogelijk ook indien één grote windturbine (3 MW) gecombineerd wordt met de volledige benutting van het restwarmte-potentieel bij AgruniekRijnvallei. Dit laatste scenario biedt een kleine marge, waardoor een energieneutrale haven niet bereikt kan worden als de energieproductie van de windturbine in de praktijk lager uitvalt dan de theoretische waarde of het energiegebruik in de haven toeneemt. In al deze gevallen zullen de windturbines overigens in het Natura 2000-gebied van de Driehoek gerealiseerd moeten worden, de haalbaarheid hiervan is nog onzeker.

Referenties

- 4navitas, 2019. *The future of wind energy*. [Online]
Available at: <https://www.4navitas.com/>
[Geopend 2019].
- Alterra, 2008. *Ecologische en natuurbeschermingsrechtelijke aspecten van windturbines op land*, Wageningen: Alterra.
- Bosch & Van Rijn, 2014. *Haalbaarheidsstudie windturbines in de omgeving Havenkanaal*, Utrecht: Bosch & Van Rijn.
- Bureau Waardenburg, 2011. *Quickscan effecten op natuur van windpark Wageningen*, Culemborg: Bureau Waardenburg.
- CE Delft en Deltares, 2018. *Nationaal Potentieel van Aquathermie ; Analyse en review van de mogelijkheden*, Delft: CE Delft.
- Ciel & Terre, 2019. *HYDRELIO® TECHNOLOGY*. [Online]
Available at: <https://www.ciel-et-terre.net/hydrelio-technology/>
[Geopend 2019].
- Colibri Advies, 2018. *Vergunbaarheid omgevingsdeel Zon op Water*, Utrecht: Colibri Advies.
- De Natuur en Milieufederaties, 2018. *De constructieve zonneladder : Constructieve zonneladder: in 5 stappen naar lokaal beleid voor een goede inpassing van zonne-energie*. [Online]
Available at: https://www.hieropgewekt.nl/uploads/inline/NMF_notitie_dec_2018_-_De_constructieve_zonneladder.pdf
[Geopend 2019].
- Deltares, 2018. *Handreiking bij vergunningverlening PV-systemen op water : Toelichting gebruik Stroomschema en Analysetool Zon op*. [Online]
Available at: <https://www.zonopwater.nl/wp-content/uploads/2018/12/Handreiking-voor-vergunningverlening-Zon-op-Water.pdf>
[Geopend 2019].
- DNV GL, 2014. *Handboek Risicozonering Windturbines, versie 3.1*. [Online]
Available at: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/09/Handboek%20Risicozonering%20Windturbines%20versie%20september%202014.pdf>
[Geopend 2019].
- ECN, 2017. *Kostenonderzoek windenergie SDE+ 2018*, Petten: ECN/TNO.
- Ecofys, 2017. *Duurzaamheid op en rond de Grebbedijk*, Utrecht: Ecofys.
- Ecogroen, 2018. *Bouwsteen Natuur Grebbedijk*, Zwolle: Ecogroen.
- Enercon, 2019. *E-101*. [Online]
Available at: <https://www.enercon.de/en/products/ep-3/e-101/>
[Geopend 22 februari 2019].
- Fluxenergie, 2019. *Solliance streeft naar grootschalige uitrol zonnecellen over wegennet*. [Online]
Available at: <https://www.fluxenergie.nl/solliance-streeft-naar-grootschalige-uitrol-zonnecellen-over-wegennet/>
[Geopend januari 2019].
- Frank Straver, 2018. *Ecologen : zonneparken zijn funest voor de natuur*. *Trouw*, 25 Juni. Gemeente Rhenen, sd *Consolidatieplan Buitengebied Rhenen*. [Online]
Available at: https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0340.ConsolidatieplBGB-oh05/r_NL.IMRO.0340.ConsolidatieplBGB-oh05.html#top
[Geopend 2019].



Gemeente Wageningen, 2018. *Bestemmingsplan Zonnepark Haarweg*, Wageningen: Gemeente Wageningen.

Gemeente Wageningen, 2019. *Ontwerp bestemmingsplan Haven-Costerweg*. [Online] Available at: https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0289.0076HavenCosterw-ONT1/t_NL.IMRO.0289.0076HavenCosterw-ONT1.html [Geopend 2019].

GreenTechMedia, 2018. *Solar Roadways Prove Expensive and Inefficient*. [Online] Available at: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-roadways-are-expensive-and-inefficient#gs.YOyTKGoe> [Geopend Januari 2019].

Hoogspanningsnet.com, 2019. *HoogspanningsNet Netkaart*. [Online] Available at: <https://webkaart.hoogspanningsnet.com/> [Geopend 19 maart 2019].

Klimaatpartners Wageningen, 2017. *Klimaatplan 2017-2021*, Wageningen: Klimaatpartners Wageningen.

KNMI, 2019. *Klimatologie : Uurgegevens van het weer in Nederland*. [Online] Available at: <http://projects.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/selectie.cgi> [Geopend 30 januari 2019].

Lieverse, Fugro, Flux, 2018. *Nota Kansrijke Alternatieven : Verkenning Grebbedijk*, Wageningen: Projectteam Grebbedijk.

Ministerie van BZK, 2018. *Aanhangsel van de Handelingen nr. 607*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten Generaal.

Ministerie van BZK, 2018. *Kabinetperspectief NOVI*, Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2019. *Basisregistratie Gewaspercelen*. [Online] Available at: <https://www.pdok.nl/geo-services?articleid=1948958> [Geopend 2019].

Ministerie van LNV, 2015. *Wet natuurbescherming (16 december 2015): Paragraaf 3.2. Beschermingsregime soorten van de Habitatrichtlijn*. [Online] Available at: <https://minez.nederlandsesoorten.nl/content/wet-natuurbescherming-16-december-2015-paragraaf-32-beschermingsregime-soorten-van-de> [Geopend 2019].

Ministerie van LNV, 2015. *Wet natuurbescherming (16 december 2015): Paragraaf 3.3. Beschermingsregime andere soorten*. [Online] Available at: <https://minez.nederlandsesoorten.nl/content/wet-natuurbescherming-16-december-2015-paragraaf-33-beschermingsregime-andere-soorten>

NewWorldWind, 2019. *Data sheet The Windtree*. [Online] Available at: <http://newworldwind.com/wp-content/uploads/2018/01/Data-sheet-WindTree-NWW-ENG.pdf> [Geopend 2019].

Pouderoyen Compagnons, 2018. *Buitengebied : Regels, Hoofdstuk 2 Bestemmingsregels*. [Online] Available at: https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0289.0025BpBuitengebied-ONHE/r_NL.IMRO.0289.0025BpBuitengebied-ONHE_1.1.html [Geopend 2019].

Provincie Gelderland, 2018. *Geconsolideerde Omgevingsvisie Gelderland (januari 2018)*, Arnhem: Provincie Gelderland.

Provincie Utrecht, 2019. *Natuurbeleid, icoonsoorten, aandachtsoorten, natuurparels*. [Online] Available at: <https://www.provincie-utrecht.nl/onderwerpen/alle->



onderwerpen/natuurbeleid/

[Geopend 2019].

Provincie Utrecht, 2018. *Provinciale Ruimtelijke Structuurvisie 2013-2028 (Herijking 2016), Provinciale Ruimtelijke Verordening (Herijking 2016)*. [Online]

Available at: https://ruimtelijkeplannen.provincie-utrecht.nl/NL.IMRO.9926.SV1612PRS-VA01?s=SANMmAlEAXIMqkeEREEeSD-D_wP0beAAD

[Geopend 2019].

Qing Sustainable, 2015. *Haalbaarheidsstudie : benutting restwarmte AgruniekRijnvallei*, Arnhem: Qing Sustainable.

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019. *Artikelen : erfgoed en energie*. [Online]

Available at: <https://erfgoedenruimte.nl/energie>

[Geopend 2019].

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019. *Cultuurhistorisch GIS*. [Online]

Available at: <https://landschapnederland.nl/bronnen-en-kaarten/cultgis>

[Geopend 27 februari 2019].

Rijksoverheid, 2018. *Kabinetsappreciatie voorstellen voor hoofdlijnen Klimaatakkoord*, Den Haag: Rijksoverheid.

ROM3D & Inenergie, 2018-2019. *Energie uit oppervlaktewater; Kansen voor Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel, Fase 1*. [Online]

Available at:

<https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=4753396c44b64f27a5f8ca7e0314db4b#>

[Geopend 21 maart 2019].

ROM3D & Inenergie, 2019. *Haalbaarheid: Zon op water Kruisbekkenmeertje*. [Online]

Available at:

https://ssccust1.spreadsheethosting.com/1/35/b038fbaebc6ca0/KRUISBEKKEN_ONLINE/KRUISBEKKEN_ONLINE.htm

[Geopend 24 maart 2019].

RVO, 2016. *Grondgebonden zonneparken : Verkenning naar de afwegingskaders rond locatiekeuze en ruimtelijke inpassing in Nederland*. [Online]

Available at:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/09/Grondgebonden%20Zonneparken%20-%20verkenning%20afwegingskadersmetbijlagen.pdf>

[Geopend 2019].

RVO, 2016. *Slagschaduw en windturbines*,

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/Factsheet%20Slagschaduw.PDF>: RVO.

RVO, 2016. *Windturbines en geluid*,

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/Factsheet%20Geluid.PDF>: RVO.

RVO, 2019. *Gedragscodes*. [Online]

Available at: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/beschermde-planten-dieren-en-natuur/ruimtelijke-ingrepen/ontheffing-vrijstelling/gedragscodes>

[Geopend 2019].

Schaik, M. v., Romijn, R. & Scholten, B., 2017. *Case study: Thermische energie uit oppervlaktewater : een kans en een uitdaging*. [Online]

Available at: <http://edepot.wur.nl/430909>

[Geopend 2019].

SEAC, Universiteit Utrecht & TKI Urban Energy, 2017. *ROADMAP PV Systemen en Toepassingen*, <https://www.uu.nl/sites/default/files/roadmap-pv-systemen-en-toepassingen-final.pdf>: RVO/TKI Urban Energy.

SEAC, 2018. *Zon op dijk*, Eindhoven: SEAC.

Sirius Solar, *sd ZonneGevel*. [Online]

Available at: <https://www.sirius-solar.com/zonnegevel/>

[Geopend januari 2019].



Sociaal-Economische Raad, 2018. *Ontwerp van het Klimaatakkoord*, https://www.klimaatakkoord.nl/binaries/klimaatakkoord/documenten/publicaties/2018/12/21/ontwerp-klimaatakkoord/Ontwerp+van+het+Klimaatakkoord_compleet_web.pdf: Sociaal-Economische Raad.

SolaRoad, 2018. *Resultaten Pilot SolaRoad Fietspad in Krommenie*. [Online] Available at: https://www.solaroad.nl/wp-content/uploads/2018/07/Factsheet_Resultaten_SolaRoad_Krommenie.pdf [Geopend januari 2019].

SolaRoad, sd *SolaRoad FAQ categorie: Kosten en opbrengsten*. [Online] Available at: https://www.solaroad.nl/blog/pronamic_faq_category/kosten-en-opbrengsten/ [Geopend Januari 2019].

TAUW, 2018. *Energietransitie De Nude, Wageningen*, Deventer: TAUW.

Terra Incognita; RHDHV; NL Landschap, 2018. *ZON OP DIJKEN : verkennend en ontwerpelijk onderzoek*, Rhenen ; Amersfoort ; Wageningen: Terra Incognita ; RHDHV ; NL Landschap.

TNO, 2016. *SOLAROAD: De weg die energie opwekt*. [Online] Available at: <https://www.tno.nl/nl/tno-insights/artikelen/solaroad-de-weg-die-energie-opwekt/> [Geopend 2 februari 2019].

TNO, 2017. *Van Frankrijk tot Californië : energieopwekkend wegdek gaat de grens over*. [Online] Available at: <https://www.tno.nl/nl/tno-insights/artikelen/van-frankrijk-tot-californie-energieopwekkend-wegdek-gaat-de-grens-over/> [Geopend januari 2019].

Tubantia (red.), 2017. Dit zeggen belangengroepen over windmolens en zonneparken in Enschede. *Tubantia*, 07 januari.

Vestas, 2019. *V162-5.6 MW™ IEC S*. [Online] Available at: https://www.vestas.com/en/products/enventus_platform/v162-5_6_mw#!grid_0_content_6_Container [Geopend 2019].

Vortex Bladeless, 2019. *Bladeless Wind Energy*. [Online] Available at: <https://vortexbladeless.com/> [Geopend 2019].

WES, 2019. *WES 250*. [Online] Available at: <https://windenergysolutions.nl/turbines/windturbine-wes-250/> [Geopend 30 januari 2019].

WES, 2019. *WES 259*. [Online] Available at: <https://windenergysolutions.nl/turbines/windturbine-wes-250/#next> [Geopend 22 februari 2019].

Wieringa, J. & Rijkoort, P., 1983. *Windklimaat van Nederland*, Den Haag: SDU (KNMI).

WUR, 2018. *Kwetsbare soorten voor energie-infrastructuur in Nederland : effecten van hernieuwbare energie-infrastructuur en hoogspanningslijnen op de kwetsbaarste soorten vogels, vleermuizen, zeezoogdieren en vissen, etc.*, Wageningen: Wageningen University & Research (WUR).

wUrck, sd *Zonnebomen*. [Online] Available at: <https://www.wurck.nl/projecten/zonneboom/> [Geopend januari 2019].

Zonatlas, sd *Zonatlas Wageningen*. [Online] Available at: <https://www.zonatlas.nl/wageningen/ontdek-de-zonatlas/> [Geopend Februari 2019].

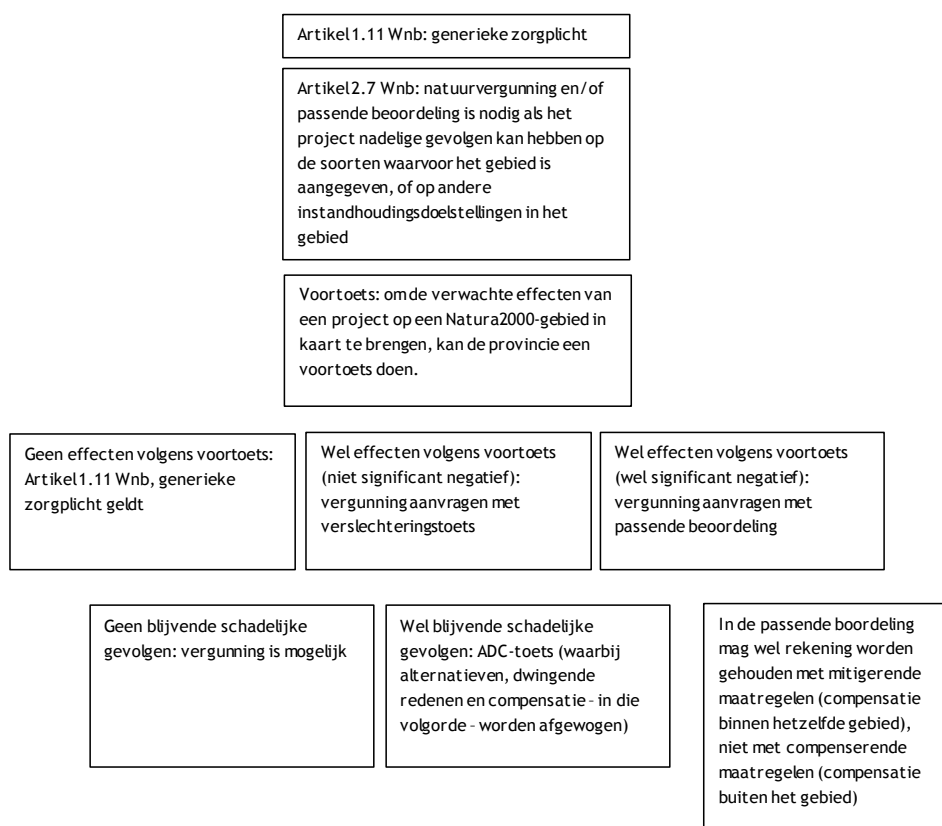


A Wet natuurbeheer

A.1 Wet natuurbeheer

Verschillende bepalingen uit de Wet natuurbeheer zijn van belang bij de realisatie van een zonnepark of windmolens. Colibri Advies, heeft relevante bepalingen uiteengezet in het rapport in het rapport Vergunbaarheid omgevingsdeel Zon op Water (Colibri Advies, 2018). De volgende onderdelen van de Wet natuurbescherming hebben invloed op de aanleg, het onderhoud en de verwijdering van een zon-PV-systeem op water (Colibri Advies, 2018).

Figuur 33 - Relevante onderdelen Wet natuurbeheer



Bron: (Colibri Advies, 2018).

Wanneer een project beschermde soorten in een gebied kan verstoren (doordat ze er leven, foerageren en/of broeden (in het geval van vogels)), is de procedure uit Paragraaf 3.3 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) van toepassing. Er kan in dat geval eerst worden gekeken of mitigerende maatregelen en/of gedragscodes¹⁶ de verboden uit de Wnb kunnen voorkomen. Als dit zo is, hoeft geen ontheffing te worden aangevraagd. Als verstoring niet kan worden voorkomen, is ontheffing nodig om het project door te laten gaan. Als verstoring niet door gedragscodes en/of mitigerende maatregelen kan worden voorkomen, geldt voor drie verschillende groepen dieren dat ontheffing kan worden

¹⁶ [Agrarisch-ondernemen/beschermde-planten-dieren-en-natuur/gedragscodes](#) (RVO, 2019).

aangevraagd: vogels (3.1 Wnb), strikt beschermde soorten (3.2 Wnb) en nationaal beschermde soorten (3.3 Wnb). Verstoring van vogels die broeden geldt alleen in hun broedmaanden, afgezien van een aantal soorten die het jaar rond bescherming hebben.

A.2 Beschermde diersoorten in projectgebied

In Tabel 13 en Tabel 14 is een eerste inventarisatie gegeven van de soorten die in het projectgebied van belang zijn, vanuit verschillende wet- en regelgeving. Dit overzicht is gebaseerd op een rapport van Ecogroen (Ecogroen, 2018) en de lijsten van de onder de Wet natuurbescherming behorende soorten van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit¹⁷, het overzicht is mogelijk niet compleet.

Tabel 13 - Eerste inventarisatie beschermde soorten (niet-vogels) projectgebied Grebbedijk

Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (Niet-vogels) (3.5 t/m 3.9 Wnb)	Beschermingsregime andere soorten (3.10 Wnb)
Kamsalamander	Grote modderkruiper *
Rosse vleermuis *	Ringslang
Watervleermuis	Kwabaal
Franjestaart	Sleedoornpage
Meervleermuis	
Rugstreppad	
Groene glazenmaker	
Gevlekte witsnuitlibel	
Platte schijfhoren	

Tabel 14 - Eerste inventarisatie beschermde soorten (vogels) projectgebied Grebbedijk

Jaarrond beschermde vogelnesten	Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (vogels) (3.1 t/m 3.4 Wnb)	Dieren die niet onder Wnb worden genoemd, maar wel in gebiedsplan Rijntakken (NederRijn) Natura2000 vallen
	Broedende vogels Blauwe kamer	Aalscholver
IJsvogel	Blauwborst	Dodaars
	IJsvogel	Watersnip *
	Kwartelkoning *	
	Broedende vogels Bovenste Polder	
Oeverzwaluw	Blauwborst	
IJsvogel	Woudaap *	
	Roerdomp *	
	Grote Karekiet	
	IJsvogel	
	Kwartelkoning *	
	Oeverzwaluw	

¹⁷ [Wet natuurbescherming \(16 december 2015\): Paragraaf 3.2. Beschermingsregime soorten van de Habitatrichtlijn](#) (Ministerie van LNV, 2015).

[Wet natuurbescherming \(16 december 2015\): Paragraaf 3.3. Beschermingsregime andere soorten](#) (Ministerie van LNV, 2015).

Jaarrond beschermde vogelnesten	Beschermingsregime soorten Habitatrichtlijn (vogels) (3.1 t/m 3.4 Wnb)	Dieren die niet onder Wnb worden genoemd, maar wel in gebiedsplan Rijntakken (NederRijn) Natura2000 vallen
	Porseleinhoen	
	Overig	
	Purperreiger	

* Diersoorten die (mogelijk) verstoord worden door de aanbouw of aanwezigheid van windturbines volgens recent onderzoek van de WUR (WUR, 2018).

A.3 Effecten op natuur van windpark in natuur bij de Grebbedijk

In 2011 heeft Bureau Waardenburg de effecten op natuur van windturbines in gebieden rondom Wageningen onderzocht (Bureau Waardenburg, 2011). In Tabel 15 zijn de resultaten voor de onderzochte habitattypen, habitatsoorten, broed en niet-broedvogels weergegeven die voorkomen in de natuurgebieden rondom de Grebbedijk. Dit overzicht is opgesteld voor een situatie waarin twee grote windturbines in deze gebieden gerealiseerd zouden worden. De windturbines die zijn onderzocht zijn vergelijkbaar met de grote windturbines (Enercon E-101) die in dit onderzoek voor de Grebbedijk zijn onderzocht.

Tabel 15 - Effecten op natuur, een analyse voor twee grote windturbines in de gebieden rondom de Grebbedijk

	Deelgebied 2A Driehoek en Bovenste Polder	Deelgebied 2C Plasserwaard en omgeving	Deelgebied 2D	Deelgebied 2E Blauwe Kamer
Habitattypen				
Slikkige rivieroever	-	0	0	0/-
Glanshaver- en vossenstaartheuvels	-	0	0	0/-
Droge hardhoutoobossen	-	0	0/-	0/-
Habitatsoorten				
Zeepril	0	0	0	0
Rivierpril	0	0	0	0
Grote modderkruiper	0	0	0	0
Kamsalamander	0	0	0	0
Broedvogels				
Porseleinhoen	0/-	0	0	0/-
Kwartelkoning	-	0	-	-
IJsvogel	0/-	0	0	0/-
Oeverzwaluw	0/-	0	0	0/-
Niet-broedvogels				
Fuut	0/-	0/-	0	-
Aalscholver	0/-	0/-	0	0/-
Kleine Zwaan	0/-	0/-	0/-	-
Kolgan	0/-	0/-	0/-	-
Grauwe Gans	-	0/-	-	-
Smient	0/-	0/-	-	-
Krakeend	0/-	0	0	-
Pijlstaart	0	0	0	-

	Deelgebied 2A	Deelgebied 2C	Deelgebied 2D	Deelgebied 2E
	Driehoek en Bovenste Polder	Plasserwaard en omgeving		Blauwe Kamer
Slobeend	0/-	0	0	-
Tafeleend	0/-	0/-	0	-
Kuifeend	-	0/-	0	-
Nonnetje	0	0	0	-
Meerkoet	-	-	-	-
Kievit	-	0/-	0/-	-
Grutto	-	0	0/-	-
Wulp	0/-	0	0/-	-

De genummerde deelgebieden verwijzen naar de deelgebieden in de studie van Bureau Waardenburg.

Betekenis symbolen:

0 : geen effect, in besluitvorming voor windturbines geen rol;

0/- : gering effect, in besluitvorming voor windturbines geen rol;

- : mogelijk negatief effect, nader onderzoeken, kan een rol spelen in besluitvorming voor windturbines.

Bron: (Bureau Waardenburg, 2011).

Met name in de Blauwe Kamer zijn er mogelijk negatieve effecten op niet-broedvogels. Ook in de Driehoek en Bovenste Polder zijn er mogelijk negatieve effecten voor een aantal niet-broedvogels. De Driehoek en Bovenste Polder zijn niet afzonderlijk, maar als geheel bekeken. Op dit moment moet de Driehoek nog ontwikkeld worden tot natuurgebied. In alle gebieden zijn er mogelijk negatieve effecten voor de kwartelkoning, de grauwe gans en de meerkoet.

Ook blijkt uit deze studie voor alle drie gebieden een mogelijk negatief effect op vleurmuizen en mogelijk zeer groot negatief effect op de kernkwaliteiten van de ecologische hoofdstructuur (EHS, tegenwoordig Natuurnetwerk Nederland). Al deze gebieden worden vanuit natuuroogpunt niet als kansrijke gebieden aangemerkt. Het binnendijkse gebied wordt echter wel als kansrijk aangemerkt.

A.4 Ontheffing op verbod op verstoring beschermde vogels

In enkele gevallen kan de provincie het verbod op verstoring van beschermde vogels kan ontheffen. Dit kan op grond van:

- het belang van de volksgezondheid of de openbare orde;
- ter bescherming van flora of fauna.

Voor windmolens heeft de Raad van State (4 mei 2016) deze twee redenen als vrijstellingsgronden voor plaatsing van windmolens overwogen, omdat klimaatverandering impact heeft op volksgezondheid, openbare veiligheid en flora en fauna, en een elektriciteitsvoorziening in het land ook van groot belang is voor de eerste grond. Dit zou mogelijk kunnen worden aangedragen voor PV-systemen op water. Bij strikt beschermde soorten kan ook ontheffing verleend worden op grond van een dwingende reden voor openbaar belang.

B Uitsluitingsgebieden windenergie

In de analyse voor het potentieel voor windturbines zijn in een geografische analyse uitsluitingsgebieden in beeld gebracht. Deze uitsluitingsgebieden komen voort uit veiligheidsafstanden ten opzichte van gevoelige objecten, hierbij hebben we de regels van het Handboek Risicozonering Windturbines (DNV GL, 2014) gehanteerd, voor zover deze van toepassing zijn op het projectgebied, zie Tabel 16.

Tabel 16 - Overzicht veiligheidsafstanden per risico-object en per type turbine

Risico-object	Veiligheidsafstand Vestas V162 (m)	Veiligheidsafstand Enercon E-101 (m)	Veiligheidsafstand WES 250 (m)
Kwetsbare objecten (Ziekenhuis, woonverblijf, tehuis, publieksgebouw, onderwijsinstelling, kantoor, hotel/pension, ander object)	206	149,5	54
Hoogspanningslijnen	206	149,5	54
Buisleidingen	206	149,5	54
Vaarwegvakken	81	50,5	50
Geluidsafstand woningen	500	400	160

De geluidsafstand ten opzichte van woningen is gehanteerd voor alle verblijfsobjecten uit de basisadministratie gebouwen (BAG) van het Kadaster met tenminste de functieaanduiding 'woonfunctie'. Deze afstand is een indicatie, de daadwerkelijke afstand wordt bepaald door een geluidsnorm en hangt af van het type windturbine en de omgevings-eigenschappen (bebouwing, windrichting, etc.). De gehanteerde benadering is voldoende om potentieel locaties in beeld te brengen, aanvullend locatie-onderzoek moet uitwijzen wat de precieze mogelijkheden zijn voor welk type windturbine op deze locaties. Aanvullend hebben we risicocontouren van bestaande inrichtingen uit de Risicokaart en de beschermingszones van de huidige Grebbedijk (en een aanname voor de verlegde Grebbedijk in KA2) uitgesloten, evenals de locaties waar Nudepark 2 en het zonnepark aan de Haarweg worden ontwikkeld. Voor de middelgrote WES-250 turbines is veel ruimte beschikbaar en is de geluidscontour beperkt, omdat turbines in dit geval theoretisch dicht bij bebouwing kunnen komen, hebben we alle BAG-panden behandeld als kwetsbare objecten.

Enkele gebieden leiden niet per definitie tot uitsluitingen, maar moeten nader onderzocht worden. Het gaat om de volgende aandachtsgebieden die zijn meegenomen (Tabel 17):

Tabel 17 - Overzicht aandachtsgebieden windturbines

Aandachtsgebied	Opmerking
Luchtvaartbeperking	<i>Geen direct risico op uitsluiting:</i> Laagvliegroute is niet beschermd (Besluit algemene regels ruimtelijke ordening). Toets op radarverstoring is altijd noodzakelijk voor windturbines hoger dan 90 meter.
Natura 2000/GNN	Realisatie in deze gebieden is niet zondermeer mogelijk, nader onderzoek noodzakelijk, niet als harde uitsluiting meegenomen.
Cultuur-historisch	Aandachtsgebied in het deel van het projectgebied in de gemeente Rhenen. Daarnaast ook een middelhoge tot hoge archeologische trefkans binnendijks.

C Zonnepanelen op plassen

C.1 Inleiding

Buitendijks van de Grebbedijk ligt het Natura 2000-gebied Rijntakken. In dit gebied liggen verschillende waterplassen waarop het technisch mogelijk is om drijvende zonneparken te realiseren. In Kansrijk Alternatief 2 wordt bovendien ook een natuurplas (met recreatief medegebruik) voorzien. Omdat deze plassen in Natura 2000-gebieden, het Natuurnetwerk Nederland en het Gelders Natuurnetwerk liggen, zijn drijvende zonneparken op deze plassen niet kansrijk. In deze bijlage gaan we voor de volledigheid wel kort in op de theoretische (technische) potentie van zonnepanelen op deze plassen en de belangrijke aspecten voor de businesscase van zonnepanelen op plassen.

C.2 Belangrijke aspecten van de businesscase

In een recent onderzoek voor de provincies Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel is het potentieel en de verschillende businesscases voor zonnepanelen op water uitgewerkt (ROM3D & Inenergie, 2018-2019). Geschikte wateren zijn ten minste 20 meter breed, zodat aan weerszijden van de oevers 10 meter vrij is voor onderhoud aan de waterlopen.

Ook hebben geschikte wateren geen maatschappelijke functie die gebruik voor zonne-energie in de weg zitten. Het gaat dan om functies als gebruik voor plezier- en scheepvaart, zwem-/recreatiewater of beschermde natuurgebieden.

De kosten voor drijvende zonneparken zijn door de drijvende constructie hoger dan voor grondgebonden zonneparken, maar de elektriciteitsproductie is ook hoger. De hogere elektriciteitsproductie komt door de reflectie van zonlicht op het water en door de hogere efficiëntie van de panelen, als gevolg van koeling door het water. Eenzelfde soort relatie geldt voor de keuze voor een vast of een zonvolgend systeem.

Net als bij gewone zonnenvelden zijn er twee parameters in de locatiekeuze die de businesscase in sterke mate bepalen: de ruimtelijke grootte van het park en de afstand tot een aansluitpunt op het elektriciteitsnet. Grotere parken kunnen profiteren van schaalvoordelen in de ontwikkelings- en beheerkosten, die dan per geproduceerde kWh lager zijn. De conclusie van het onderzoek van ROM3D en Inenergie (ROM3D & Inenergie, 2018-2019) is dat de businesscase van zonneparken op water rendabel is voor (met name) kleine plassen en wateren tot circa 3 hectare en grote plassen met meer dan circa 8 hectare. Projecten tussen 3 en 8 hectare op grote afstand van een aansluitpunt (onderstation) kunnen onrendabel zijn (ROM3D & Inenergie, 2018-2019). Als de omvang van het drijvende zonnepark groter is dan 2-3 hectare (> 2 MVA) moeten ze aangesloten worden op een onderstation. Die ligt vaak verder weg dan een aansluitpunt op het midden-spanningsnet, waarop kleinere zonneparken aangesloten kunnen worden. In deze studie wordt uitgegaan van een geïnstalleerd vermogen van 990 kWp/hectare (ROM3D & Inenergie, 2018-2019).



C.3 Plassen met een geschikte omvang

De studie van ROM3D en Inenergie geeft aan dat onder voorwaarden plassen vanaf 0,2 hectare een gunstige businesscase hebben. Aan dit minimale oppervlak voldoen vrijwel alle plassen in het projectgebied. Op basis van specifieke businesscases van ROM3D en Inenergie (ROM3D & Inenergie, 2019), vanuit de gedachte van schaalvoordelen en in verband met ecologische aspecten (bedekking van een groot deel van de plas zal zeker ecologische effecten hebben), hebben we plassen met een oppervlakte van 1 hectare (na

aftrek van een waterrand van 10 meter) verondersteld als potentiële locaties. Plassen die hieraan voldoen, zijn weergegeven in Figuur 34 voor Kansrijk Alternatief 2, waarin het meeste oppervlak aan water is. In de andere alternatieven ontbreekt de natuurplas (met recreatief medegebruik) op de Driehoek en de geul in de Plasserwaard. Ter illustratie zijn in de plassen met donderblauwe blokjes het oppervlak van 1 hectare aan zonnepark weergegeven.

Figuur 34 - Illustratie van drijvende zonneparken (1 ha) op plassen (>1 ha) in Kansrijk Alternatief 2

Legenda

-  Illustratief oppervlak van 1 ha drijvende zonnepanelen
-  Waterplassen met een minimale omvang van 1 ha (waterrand 10m vrij)



D MS-netkaarten (vertrouwelijk)

Zie vertrouwelijk Bijlagedocument.

